

PROSIDING SEMINAR NASIONAL ILMU FISIKA DAN TERAPANNYA

30 Oktober 2021

**“Peran Ilmu Fisika dan Terapannya
dalam Tantangan Global di Era New Normal”**



UNDANA
FST - FISIKA

PROSIDING

SEMINAR NASIONAL

ILMU FISIKA DAN TERAPANNYA

"Peran Ilmu Fisika dan Terapannya dalam Tantangan
Global di Era New Normal"

Panitia Seminar Nasional Ilmu Fisika dan Terapannya
Program Studi Fisika

FAKULTAS SAINS DAN TEKNIK
UNIVERSITAS NUSA CENDANA
2021

PROSIDING

SEMINAR NASIONAL

ILMU FISIKA DAN TERAPANNYA

"Peran Ilmu Fisika dan Terapannya dalam Tantangan Global di Era New Normal"

Cetakan pertama 2021

Editor:

Prof. Dr. Drs. B. Pasangka, M.Si.
Zakarias S. Ngara, S.Si., M.Si., Ph.D.
Frederika R. Ngana, S.Si., M.Eng.
Jehunias L. Tanesib, S.Si., M.Sc.
Jonshon Tarigan, S.Si., M.Sc.
Andreas Christian Louk, S.Si., M.Sc.

Reviewer:

Minsyahril Bukit, S.Si, M.Si.
Redi K. Pingak, S.Si., M.Sc.
Laura A. S. Lapono, S.Si., M.Sc.
Bernandus, S.Si., M.Si.
Ali Warsito, S.Si., M.Si.
Albert Zicko Johannes, S.Si., M.Si.
Hadi I. Sutaji, S.Si., M.Si.
Ari B. U. Sanjaya, S.Si., M.Si.
Juliany N. Muhammad, S.Si., M.Sc.

Layout dan Desain Sampul:

Andreas Ch. Louk

Penerbit

Universitas Nusa Cendana
Jl. Adisucipto, Penfui, Kupang, NTT, 85001
Telp. (0380)881560, Fax. (0380)881560

Hak Cipta dilindungi oleh Undang-undang
Copyright © 2021

Dilarang memperbanyak Sebagian atau seluruh isi dari buku ini dalam bentuk apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Seminar nasional Fisika tahun 2021 ini merupakan seminar nasional Fisika kedua yang dilaksanakan oleh Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknik Undana di Hotel Kristal Kupang pada tanggal 30 Oktober 2021. Seminar nasional Fisika pertama telah dilaksanakan pada bulan Oktober 2019 dengan tema “**Peran Ilmu Fisika dan terapannya dalam menghadapi tantangan Global di era New Normal**”. Pelaksanaan seminar nasional kedua ini dilakukan secara daring karena masih dalam kondisi pandemik Covid-19. Tujuan penyelenggaraan seminar nasional kedua ini adalah untuk memperoleh informasi dan mengeksplorasi pemanfaatan hasil-hasil riset ilmu fisika yang telah dilakukan oleh Universitas, Pemerintah, Industri dan/atau Masyarakat dalam menghadapi berbagai problem dalam kehidupan manusia terutama dalam kondisi pandemik Covid-19. Dengan demikian, seminar nasional ini merupakan suatu forum yang mewadai pertukaran informasi tentang riset-riset dalam ilmu fisika dan penerapannya dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi ke depannya demi kesejahteraan manusia. Selain itu, diharapkan terjadinya salinmg berbagi dan kolaborasi dalam bidang riset baik antara universitas dengan universitas lain maupun universitas dengan lembaga pemerintah atau swasta dalam mengaplikasikan hasil-hasil riset ilmu fisika pada berbagai bidang kehidupan manusia ke depannya.

Prosiding seminar nasional Fisika ini menyajikan paper-paper yang telah direview dan layak untuk dipublikasikan. Ada 30 paper yang kami terima dari berbagai universitas di Indonesia. Paper-paper ini terdiri atas tiga kelompok bidang kepeminatan Fisika diprodi Fisika FST Undana (Bidang Fisika Material, Geofisika dan Astronomi dan instrumentasi) dan di tambah satu kelompok bidang pendidikan Fisika.

Penyusunan Prosiding ini belum sempurna. Oleh karena itu, kami mengharapkan kritik-kritik dari berbagai pihak yang sifatnya membangun untuk penyempurnaan prosiding-prosiding seminar nasional fisika ke depannya. Kami berharap bahwa prosiding dapat memberikan manfaat bagi setiap orang yang membutuhkannya dalam pengembangan dan penerapan hasil-hasil penelitian ilmu fisika dalam berbagai kehidupan manusia.

Ketua

Zakarias Seba Ngara, S.Si, M.Si, Ph.D.

SUSUNAN KEPANITIAAN

Pengarah:

Dr. Drs. Hery L. Sianturi, M.Si.

Penanggung Jawab:

Andreas Christian Louk, S.Si., M.Sc.

Ketua Panitia

Zakarias S. Ngara, S.Si., M.Si., Ph.D.

Sekretaris

Jonshon Tarigan, S.Si., M.Sc.

Bendahara

Frederika R. Ngana, S.Si., M.Eng.

Sie Publikasi dan Dokumentasi

Ali Warsito, S.Si., M.Si.

Ari B. U. Sanjaya, S.Si., M.Si.

Prof. Dr. Drs. B. Pasangka, M.Si.

Sie Acara

Redi K. Pingak, S.Si., M.Sc.

Juliany N. Muhammad, S.Si., M.Sc.

Sie Kesekretariatan

Albert Zicko Johannes, S.Si., M.Si.

Jehunias L. Tanesib, S.Si., M.Sc.

Bernandus, S.Si., M.Si.

Sie Sarana dan Prasana Perlengkapan

Minsyahril Bukit, S.Si, M.Si.

Micklon E. Nakmofa, S.T., M.Si.

Sie Layanan dan Konsumsi

Laura A. S. Laponi, S.Si., M.Sc.

Hadi I. Sutaji, S.Si., M.Si.

Lila Y. Dillak, S.Pd.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iii
SUSUNAN KEPANITIAAN.....	iv
DAFTAR ISI	v
INFORMASI SEMINAR.....	vi
JADWAL ACARA.....	vi
DAFTAR ARTIKEL	viii

INFORMASI SEMINAR

Tema : Peran Ilmu Fisika dan Terapannya dalam Tantangan Global di Era New Normal

Waktu Pelaksanaan : 30 Oktober 2021

Panitia Pelaksana : Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana

Sekretariat : Prodi Fisika, Undana, Jl. Adisucipto, Penfui, Kupang – NTT

Website Seminar : <https://fisika.undana.ac.id/semnasfis>

Prosiding Online : <https://conference.undana.ac.id/semnasfis>

JADWAL ACARA

Waktu (WITA)	Kegiatan	PIC/room
9.00-9.30	Pendaftaran (video profil, Penayangan jadwal kegiatan, nama peserta, ruangan)	Tim IT/main room
9.30-10.00	Upacara Pembukaan <ul style="list-style-type: none"> - Menyanyikan lagu Indonesia Raya - Kata sambutan Ketua Panitia - Kata sambutan Dekan FST Undana sekaligus membuka kegiatan Seminar Nasional Fisika 2021 	MC: Claudya Dellasari Bandiri Tim IT/main room
10.00-10.40	Presentasi Keynote Speaker 1 Prof. Adi Susilo, Ph.D Prodi Geofisika Universitas Brawijaya	Moderator: Frederika Rambu Ngana, S.Si, M.Eng, Ph.D /main room
10.40-11.20	Presentasi Keynote Speaker 2 Prof. Dr. Eng. Kuwat Triyana Prodi Fisika Universitas Gadjah Mada	Moderator: Zakarias Seba Ngara, S.Si, M.Si, Ph.D/main Room
11.20-12.00	Presentasi Keynote Speaker 3 Dr. Mahasena Putra Prodi Astronomi Institut Teknologi Bandung	Moderator: Jehunias L. Tanesib, S.Si, M.Sc /main room
12.00-13.00	Break	
13.00-15.30	Paralel session Maksimal 10 menit untuk setiap pemateri dan 5 menit diskusi di akhir presentasi	Room 1 (Material/Teori, Moderator: Minsyahril Bukit, S.Si, M.Sc), Room 2 (Geofisika/Astronomi, Moderator: Laura A. Lapono, S.Si, M.Sc), Room 3 (Instrumentasi/Komputasi, Moderator: Jonshon Tarigan, S.Si, M.Sc) Room 4 (Pendidikan Fisika, Moderator: Juliany N. Mohamad, S.Si, M.Sc)

SEMINAR NASIONAL ILMU FISIKA DAN TERAPANNYA
PROGRAM STUDI FISIKA - FAKULTAS SAINS DAN TEKNIK
UNIVERSITAS NUSA CENDANA
KUPANG, 30 OKTOBER 2021

15.30-16.00	Acara penutupan <ul style="list-style-type: none">- Awards- Sambutan Ketua Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknik Universitas Nusa Cendana sekaligus menutup kegiatan Seminar Nasional Fisika 2021	MC/main room
--------------------	---	---------------------

DAFTAR ARTIKEL

No	Artikel	Halaman
1	PEMODELAN WAKTU TEMPUH UNTUK MITIGASI BENCANA COVID-19 DI WILAYAH DENGAN KONDISI GEOGRAFIS YANG SULIT <i>Frederika Rambu Ngana</i>	1-10
2	PEMETAAN DAERAH RAWAN BENCANA LONGSOR DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS DI KOTA KUPANG <i>Martinus L. L. Gado, Frederika R. Ngana, Jehunias L. Tanesib, Albert Z. Johannes</i>	11-19
3	PEMODELAN BATUAN BAWAH PERMUKAAN SECARA DUA DIMENSI MENGGUNAKAN DATA ANOMALI MAGNETIK DI MIOMAFO BARAT KABUPATEN TIMOR TENGAH UTARA <i>Nesti Ferawati Teftae, Hadi Imam Sutaji, Bernandus Bernandus</i>	20-28
4	PEMETAAN DAERAH RAWAN LONGSOR DENGAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG) DAN PENGINDERAAN JAUH DI KABUPATEN SABU RAIJUA. <i>Yeni Radja, Jehunias L. Tanesib, Ali Warsito</i>	29-34
5	PEMODELAN TIGA DIMENSI (3D) BAWAH PERMUKAAN GUNUNG ANAK RANAKAH DENGAN ANOMALI GRAVITASI RESIDUAL <i>M. B. Duran, J. L. Tanesib, Bernandus</i>	35-38
6	IDENTIFIKASI LAPISAN BATUAN BAWAH PERMUKAAN PADA DAERAH OETULU KABUPATEN TIMOR TENGAH UTARA MENGGUNAKAN METODE GEOMAGNET <i>Valentina Leltakaeb, Hadi Imam Sutaji, Bernandus</i>	39-45
7	PEMETAAN WILAYAH LAHAN KERING MENGGUNAKAN PENGINDERAAN JAUH DI KOTA KUPANG <i>Tio Gabriel Nikson Mooy, Frederika Rambu Ngana, Albert Zicko Johannes, Jehunias Leonidas Tanesib</i>	46-56
8	RANCANG BANGUN ALAT UKUR SUHU TUBUH, DETAK JANTUNG, DAN TEKANAN DARAH PADA MANUSIA BERBASIS ARDUINO UNO <i>Yohanes Asa Tadon, Laura A S Laponu, J Tarigan</i>	57-66
9	EKSPERIMEN GERAK JATUH BEBAS BERBASIS SMARTPHONE MENGGUNAKAN APLIKASI PHYPHOX <i>Infianto Boimau, Anggi Y Boimau, Williams Liu</i>	67-75
10	DESAIN ANIMASI TUMBUKAN ELASTIS MENGGUNAKAN MACROMEDIA FLASH 8.0 <i>Kostan D F Mataubenu</i>	76-84
11	PERHITUNGAN NUMERIK RUNGE KUTTA PADA FENOMENA HARMONIS DAN CHAOS PADA GETARAN TERGANDENG <i>Leonora L R Trifina, Ali Warsito, Laura A S Laponu</i>	85-94
12	RANCANG BANGUN ALAT PEMANTAU KONDISI KESEHATAN PADA TUBUH MANUSIA MENGGUNAKAN MIKROKONTROLLER BERBASIS KOMUNIKASI BLUETOOTH HC-05 <i>Andreas Nggaba Ngabi, Jonshon Tarigan, Ali Warsito</i>	95-101
13	ANALISIS SPEKTRUM SERAPAN DAN PHOTOLUMINESENS KARBON NANODOTS (K-DOTS) BERBASIS SEKAM PADI ASAL KABUPATEN KUPANG <i>Maria A Jaya, Albert Zicko Johannes, Redi K Pingak, Zakarias Seba Ngara</i>	102-109
14	IMPLEMENTASI STRATEGI PEMBELAJARAN: STUDY KASUS DI SMAN 1 SAROLANGUN PADA MATA PELAJARAN FISIKA <i>Dhenis Anugrah Syaputri</i>	110-115
15	ANALISA MODEL PEMBELAJARAN BEHAVIORAL SYSTEM DI SMA NEGERI 4 KOTA JAMBI <i>Ertina Novirasari, Yetri Erna, M. Hidayat</i>	116-121

SEMINAR NASIONAL ILMU FISIKA DAN TERAPANNYA
PROGRAM STUDI FISIKA - FAKULTAS SAINS DAN TEKNIK
UNIVERSITAS NUSA CENDANA
KUPANG, 30 OKTOBER 2021

No	Artikel	Halaman
16	INVESTIGASI REMEDIAL DAN PENGAYAAN MATA PELAJARAN FISIKA DI SMA NEGERI 8 KOTA JAMBI <i>Shinta Indah Prastiwi, Juita Siregar, M Hidayat</i>	122-127
17	PROSEDUR PENGGUNAAN METODE BELAJAR PADA MATA PEMBELAJARAN FISIKA DI SMAN 10 KOTA JAMBI DI ERA NEW NORMAL <i>Galuh Widiadinat, Deswalman Deswalman, M. Hidayat</i>	128-133
18	PENGARUH METODE PEMBELAJARAN DISCOVERY LEARNING PADA KARAKTERISTIK SISWA DAN KARAKTERISTIK PEMBELAJARAN FISIKA DI SMAN 1 KABUPATEN BUNGO <i>Zakhia Jilan Fadhila, Mardona</i>	134-141
19	IDENTIFIKASI MISKONSEPSI SISWA PADA MATERI GAYA DI KELAS VIII SMP <i>Jeni P. Nenoliu, R.N.K Mellu, D. Langtang</i>	142-149

PEMODELAN WAKTU TEMPUH UNTUK MITIGASI BENCANA COVID-19 DI WILAYAH DENGAN KONDISI GEOGRAFIS YANG SULIT

Frederika Rambun Ngana

Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana,

Jl. Adisucipto-Penfui, Kupang, 85148, Indonesia

E-mail: frederika.rambunngana@staf.undana.ac.id

Abstrak

Covid-19 merupakan bencana non-alam yang membutuhkan penanggulangan bencana (mitigasi) dengan segera. Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan waktu tempuh di Indonesia Timur untuk mitigasi bencana Covid-19. Penginderaan jauh telah di gunakan untuk memodelkan waktu tempuh berdasarkan analisis raster ke fasilitas Kesehatan di daerah yang memiliki kondisi geografis yang sulit. RSUD Naibonat di Kabupaten Kupang yang merupakan rumah sakit rujukan Covid-19 digunakan sebagai studi kasus pada penelitian ini. Untuk skenario mitigasi bencana Covid-19 digunakan tambahan empat Puskesmas rujukan Covid-19. Data citra satelit Landsat 8, Digital Elevasi Model (DEM) untuk daerah aliran sungai (DAS), dan data jaringan jalan digunakan untuk layer tutupan lahan. Metode accumulative cost surface di software Saga GIS digunakan untuk menghitung waktu tempuh. berdasarkan besarnya kecepatan perjalanan melalui setiap pixel tutupan lahan. Hasil pemodelan waktu tempuh menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah di kabupaten Kupang menjangkau RSUD Naibonat $\geq 2,5$ jam perjalanan. Skenario penambahan empat Puskesmas rujukan Covid-19 akan menurunkan jumlah kecamatan yang dapat mengakses rujukan Covid-19 $\geq 2,5$ jam. Pemodelan waktu tempuh ke rumah sakit rujukan Covid-19 ini dapat digunakan oleh pemerintah daerah untuk mitigasi bencana Covid-19 dengan meningkatkan akses ke rumah sakit rujukan Covid-19 di wilayah dengan kondisi geografis yang sulit.

Kata kunci: pemetaan, penginderaan jauh, accumulative cost surface

Abstract

[Travel time modeling for disaster mitigation of Covid-19 in region with difficult geographic conditions]. Covid-19 is a non-natural disaster that requires immediate disaster response (mitigation). This study aims to model travel time in Eastern Indonesia for the disaster mitigation of Covid-19. Remote sensing has been used to model travel time based on raster analysis to health facilities in areas that have difficult geographic conditions. Naibonat Hospital (RSUD Naibonat), a Covid-19 referral hospital in the Kupang district, was used as a case study. Four health centers (Puskesmas) were used for the Covid-19 disaster mitigation scenario. Satellite imagery data: Landsat 8, Digital Elevation Model (DEM) for watersheds, and road network were used for the land cover layer. Accumulated cost surface in Saga GIS was used to calculate travel time based on the travel speed on each land cover pixel. The travel time models show that most areas in the Kupang district reach the Naibonat Hospital ≥ 2.5 hours travel. The scenario of the addition of the four Covid-19 referral Puskesmas will decrease the number of sub-districts that can reach the Covid-19 referrals hospital and Puskesmas ≥ 2.5 hours travel. Local governments can use the travel time modeling for the Covid-19 disaster mitigation by improving access to Covid-19 referral hospitals in regions with difficult geographic conditions.

Keywords: mapping, remote sensing, accumulative cost surface

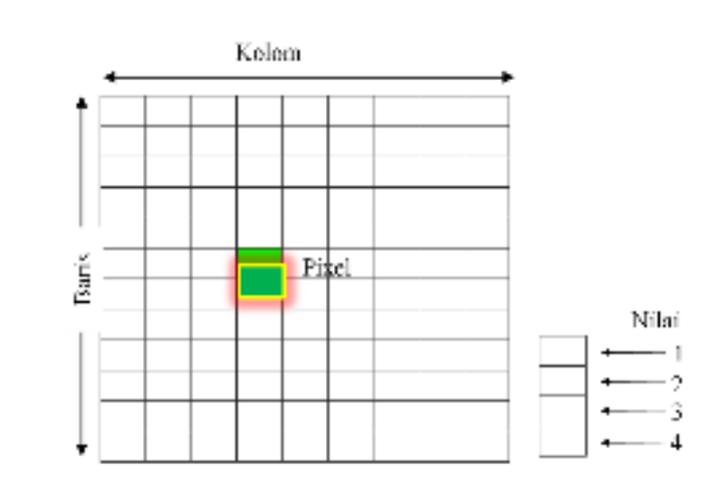
PENDAHULUAN

Covid-19 (*corona virus disease 2019*) merupakan pandemi yang melanda seluruh dunia. Demikian pula Covid-19 telah melanda Indonesia sejak awal tahun 2020. Berdasarkan Keputusan (Keppres) Republik Indonesia nomor 12 tahun 2020, penyebaran bencana non alam Covid-19 ditetapkan sebagai bencana nasional [1]. Mitigasi bencana sangat diperlukan untuk mengatasi masalah pandemi Covid-19. Mitigasi bencana merupakan upaya untuk mengurangi resiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun

penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi bencana saat terjadi [2]. Kegiatan mitigasi mampu memperkecil tingkat resiko bencana baik korban jiwa maupun materi. Salah satu upaya mitigasi yang telah dilakukan berupa pemetaan bencana. Pemetaan daerah-daerah dengan tingkat resiko bencana tertentu, akan menunjukkan daerah dengan tingkat resiko besar sehingga perlu dilakukan tindakan mitigasi bencana sedini mungkin. Pemetaan dalam bidang mitigasi bencana sangat diperlukan agar dapat meminimalisir resiko bencana. Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) menggunakan metode pemetaan dalam upaya mengetahui lokasi rawan bencana[3]. Penginderaan jauh (bantuan satelit bumi) dan sistem informasi geografis (GIS), dapat memberikan informasi yang dibutuhkan dalam pembuatan peta.

Salah satu upaya untuk mitigasi bencana adalah dengan menyajikan informasi mengenai aksesibilitas ke lokasi Rumah sakit rujukan Covid-19. Aksesibilitas dapat di modelkan dalam bentuk waktu tempuh. Waktu tempuh telah digunakan untuk memodelkan aksesibilitas ke fasilitas Kesehatan di wilayah dengan kondisi geografis yang sulit [5]. Terutama di daerah terpencil, dimana infrastruktur sangat minim. Waktu tempuh merupakan ukuran yang kritis dari akses geografis karena di pengaruhi oleh kondisi topografi suatu wilayah seperti gunung dan sungai [4]. Dimana waktu respon terhadap bencana akan lebih lama di daerah yang geografisnya sulit, terutama pada waktu hujan di dibandingkan pada waktu musim kemarau.

Penginderaan jauh sudah di gunakan untuk menganalisa waktu tempuh ke fasilitas Kesehatan di Indonesia. Misalkan waktu tempuh di modelkan dengan menggunakan citra Landsat yang di gabungkan dengan data jaringan jalan dan daerah aliran sungai (DAS) [5, 6]. Pemodelan waktu tempuh dapat dilakukan dengan software SAGA GIS [6]. Dimana waktu tempuh dihitung berdasarkan akumulasi biaya pergerakan di atas permukaan raster (*accumulative cost surface*). *Accumulative cost surface* sangat cocok di gunakan untuk memodelkan waktu tempuh di wilayah dengan kondisi lanskap yang tidak beraturan. *Accumulative cost surface* dapat di gunakan untuk mengidentifikasi lanskap “terpencil” yang sulit dikunjungi oleh manusia [7].



Gambar 1. Raster

Analisis raster (Gambar 1) di gunakan untuk memodelkan waktu tempuh. Analisis raster sangat cocok di gunakan untuk memodelkan waktu tempuh di wilayah dengan kondisi lanskap yang tidak beraturan. Karena waktu tempuh tidak bergantung hanya pada perpindahan pada lintasan jalan tapi juga pada kondisi permukaan tanah. Model waktu tempuh berbasis raster memungkinkan pergerakan melintasi area di luar jaringan jalan yang tidak mungkin dilakukan dengan model waktu tempuh berbasis vektor [8]. Sebagai contoh, Google Maps merupakan model waktu tempuh berbasis vektor pada jaringan jalan. Google Maps menggunakan vektor analisis berdasarkan pergerakan melalui lintasan jalan (*network*)[8]. Pemodelan waktu tempuh ke fasilitas Kesehatan belum di gunakan untuk mitigasi bencana Covid-19 di Indonesia Timur. Covid-19 merupakan bencana non alam yang harus segera di tangani. Mitigasi bencana dapat dilakukan dengan pemodelan waktu tempuh untuk aksesibilitas ke rumah sakit rujukan Covid-19. Waktu tempuh untuk sampai ke fasilitas Kesehatan menentukan keselamatan nyawa manusia. Pemetaan waktu tempuh ke rumah sakit rujukan Covid-19 di Pulau Jawa telah di lakukan oleh Ardiansyah dari Universitas Indonesia melalui portal <https://sicovid19-geography-ui.hub.arcgis.com/>. Pemetaan waktu tempuh ini di buat dengan menggunakan ArcGIS online.

Penelitian ini dilakukan di Kabupaten Kupang, provinsi Nusa Tenggara Timur. Ada 2736 kasus Covid-19 dan 73 orang meninggal per September 2021 di Kabupaten Kupang. Kabupaten Kupang memiliki lanskap yang berbukit-bukit dan kepulauan. Luas wilayah Kabupaten Kupang adalah 5298.13 Km². Jumlah penduduk di Kabupaten Kupang sebanyak 366.383 orang. Pada musim hujan, beberapa kecamatan di Kabupaten Kupang mengalami banjir. Pada bulan April 2021, kabupaten Kupang dilanda badai Seroja. Banyak infrastruktur yang rusak akibat badai Seroja. Sebanyak 4 kecamatan di Amfoang terisolir akibat rusaknya jembatan Termanu [9]. Gambar 2 menunjukkan jembatan Termanu sebelum badai Seroja. Dengan kondisi geografis yang sulit (Gambar 3), kabupaten Kupang hanya memiliki satu rumah sakit rujukan Covid-19 yaitu Rumah Sakit Umum Naibonat (Gambar 4). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk memodelkan waktu tempuh ke rumah sakit rujukan Covid-19 dengan penginderaan jauh untuk mitigasi bencana Covid-19. Pada penelitian ini, dua model waktu tempuh dibuat untuk skenario waktu tempuh ke satu rumah sakit rujukan saat ini yaitu Rumah Sakit Umum Naibonat dan skenario waktu tempuh untuk rencana penambahan empat Puskesmas (Pusat Kesehatan Masyarakat) rujukan Covid-19.



Gambar 2. Jembatan Termanu



Gambar 3. Kondisi infrastruktur di wilayah terpencil di Kabupaten Kupang



Gambar 4. Rumah Sakit Umum Naibonat sebagai rumah sakit rujukan Covid-19

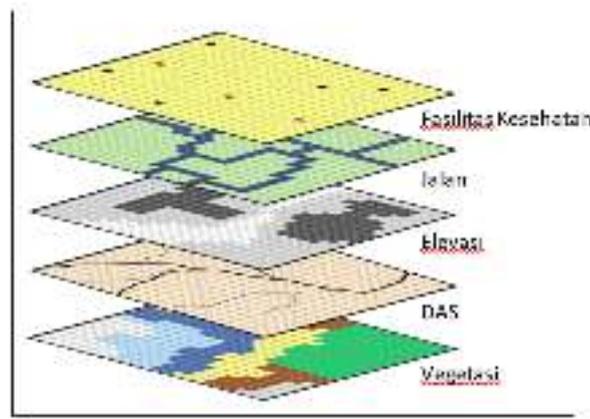
WAKTU TEMPUH BERDASARKAN RASTER ANALISIS

Waktu tempuh pada keseluruhan permukaan raster di hitung sebagai akumulasi biaya (cost) perpindahan di atas permukaan raster disebut *accumulated cost surface*. Dimana biaya pergerakan untuk waktu tempuh di tentukan oleh kecepatan pergerakan melalui permukaan raster yang berbeda-beda. Misalkan obyek berpindah dari titik A dengan pixel value 0 sebagai titik awal perpindahan, menuju titik B. Maka total waktu tempuh menuju titik B dari titik A di hitung menjadi 8,4862 seconds. Nilai ini di peroleh dengan perhitungan berdasarkan nilai *accumulative cost* ke 8 cell dari sekitarnya (Gambar 5).

B	8.4852	6.2426	4	5.8284	5.6568
	8.2426	4.2426	2	2.8284	5.8284
	7	3	0 A	2	4
	8.2426	4.2426	2	2.8284	5.8284
	9.8994	6	3.5	4.1213	4.9497

Gambar 5. Accumulative cost surface

Waktu tempuh di tentukan berdasarkan besar nya akumulasi biaya permukaan (*accumulated cost surface*) dari kecepatan perpindahan melalui permukaan berbagai tipe tutupan lahan. Tutupan lahan dapat berupa lokasi fasilitas Kesehatan, jalan, elevasi, daerah aliran sungai (DAS) dan vegetasi (Gambar 6).



Gambar 6. Tutupan lahan

Waktu tempuh melalui setiap pixel pada citra tutupan lahan, dapat di hitung dengan persamaan waktu tempuh berikut ini (1).

$$TT = \frac{\text{resolusi citra}}{(\text{Travel speed} \times 1000/3600)} \quad (1)$$

Dimana:

TT: waktu tempuh (seconds).

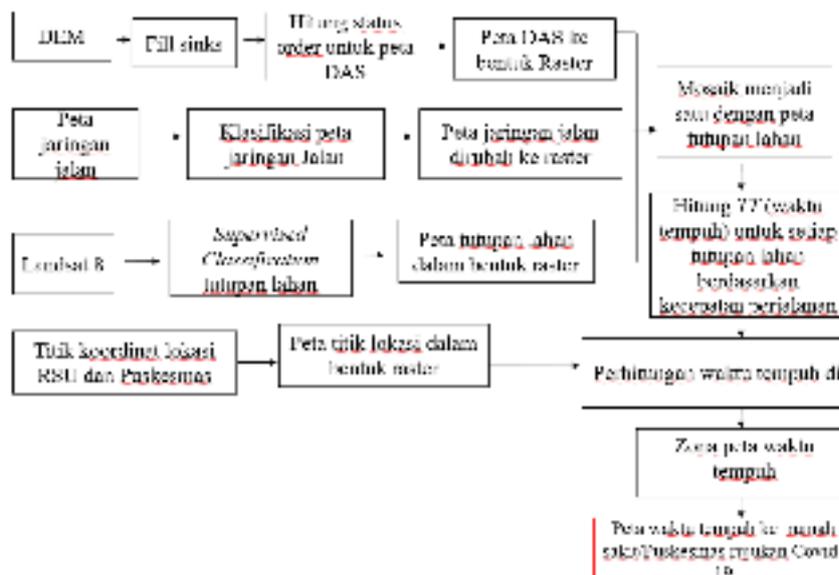
Travel speed atau kecepatan rata-rata: km/hour.

1 km =1000 meter.

1 jam =3600 seconds.

Pada penelitian ini digunakan resolusi citra (meter) untuk Landsat 8 adalah 30 meter.

Accumulative cost surface telah di gunakan di beberapa free software sistem informasi geografis (SIG) untuk memodelkan raster waktu tempuh ke fasilitas kesehatan. Misalkan software AccessMod [10, 11] dan Saga GIS [5, 6].



Gambar 7. Proses pemodelan waktu tempuh

METODE

Kabupaten Kupang di gunakan sebagai lokasi penelitian. Waktu tempuh ke RSUD Naibonat sebagai rumah sakit rujukan Covid-19 di modelkan. Kabupaten Kupang terletak antara -9015' 11,78" - -10022 14,25" Lintang Selatan dan antara 123016' 10,66" - 124013' 42,15" Bujur Timur [12]. Kabupaten Kupang memiliki kondisi wilayah berbukit-bukit dan bergunung-gunung serta kepulauan [12].

Pada penelitian ini, pemodelan waktu tempuh dilakukan menggunakan perhitungan raster dari analisis jarak-biaya (*cost-distance analysis*) berdasarkan *accumulative cost surface*. Analisis ini di lakukan pada software Saga GIS 8.01. Proses pemodelan waktu tempuh ke rumah sakit rujukan Covid-19 di tunjukkan pada diagram alir Gambar 7.



Gambar 8. Sungai di Amfoang

Pemodelan waktu tempuh dilakukan dengan menggunakan software Saga GIS dalam 2 tahap, yaitu:

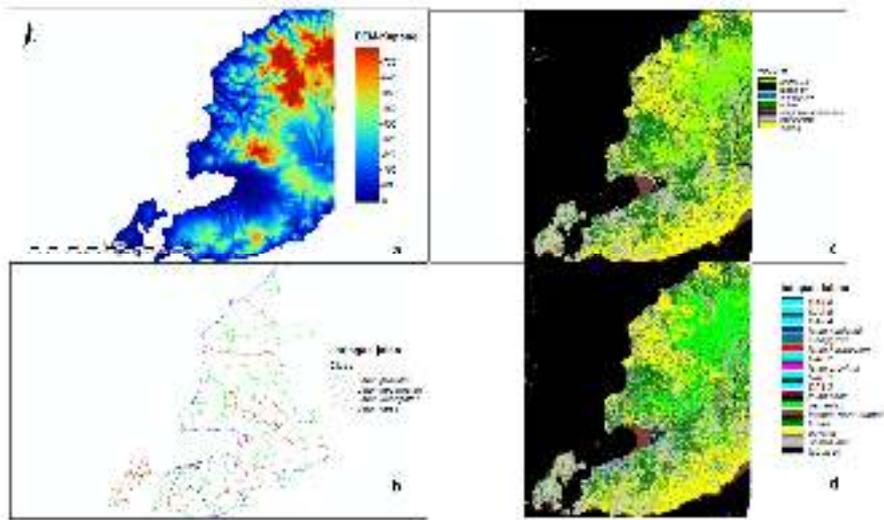
1. Pembuatan peta raster tutupan lahan

Peta raster tutupan lahan di buat dengan menggunakan tool *Landcover scenario offset*. Peta tutupan lahan berbentuk grid merupakan gabungan atau mosaik dari empat peta raster. Yaitu, peta daerah aliran sungai (DAS), peta jaringan jalan, peta lokasi rumah sakit dan peta vegetasi. Peta DAS sendiri di peroleh dari data DEM (digital elevasi model). Data DEM di download dari <http://dwtkns.com/srtm/>. Peta jaringan jalan di peroleh dari Bappeda kabupaten Kupang dalam bentuk file *.shp dan juga image *.JPEG yang kemudian digitasi dengan menggunakan software QGIS. Peta vegetasi di buat dari klasifikasi citra Landsat 8 path/row 111/67 perekaman tanggal 5 Oktober 2021. Citra Landsat 8 di download dari USGS. Klasifikasi citra dilakukan dengan menggunakan metode *supervised classification* (klasifikasi terbimbing). *Training site* untuk klasifikasi citra di ambil dengan GPS eTrex30 berupa tutupan lahan, pertanian, tubuh air, mangrove, hutan, lumpur-rawa-tambak, savana dan pemukiman (Gambar 8 dan 9). Semua data peta di proyeksikan dalam koordinat WGS 84 UTM zone 51 S dengan resolusi 30 meter. Data sebagian di ambil dari data penelitian terdahulu dari Penulis. Hasil mosaik tiga peta raster ditunjukkan pada Gambar 10d sebagai peta tutupan lahan. Peta tutupan lahan ini yang akan di gabungkan dengan peta titik GPS lokasi rumah sakit untuk perhitungan waktu tempuh.

2. Perhitungan waktu tempuh

Setelah peta raster tutupan lahan di peroleh, kemudian di lakukan perhitungan waktu tempuh ke rumah sakit rujukan Covid-19. Perhitungan waktu tempuh, menggunakan tool *Travel time calculation*. Input data berupa peta tutupan lahan, lokasi rumah sakit rujukan Covid-19 yaitu RSUD Naibonat, tabel LC Speed (tabel 1) yang merupakan tabel waktu tempuh untuk setiap tipe tutupan lahan dan tabel TT Zone (tabel 2) yang digunakan untuk membuat zona waktu tempuh.

Waktu tempuh dari setiap tipe tutupan lahan di hitung dengan persamaan (1). Kecepatan perjalanan melalui setiap cell (pixel) dari tutupan lahan yang berbeda-beda tipe di ambil untuk skenario kecepatan pada waktu musim hujan. Karena pada musim hujan beberapa wilayah di Kabupaten Kupang mengalami banjir bahkan beberapa kecamatan terisolasi. Kecepatan di ukur menggunakan GPS dan juga di gunakan kamera point of view (POV) untuk merekam perjalanan (Gambar 12).

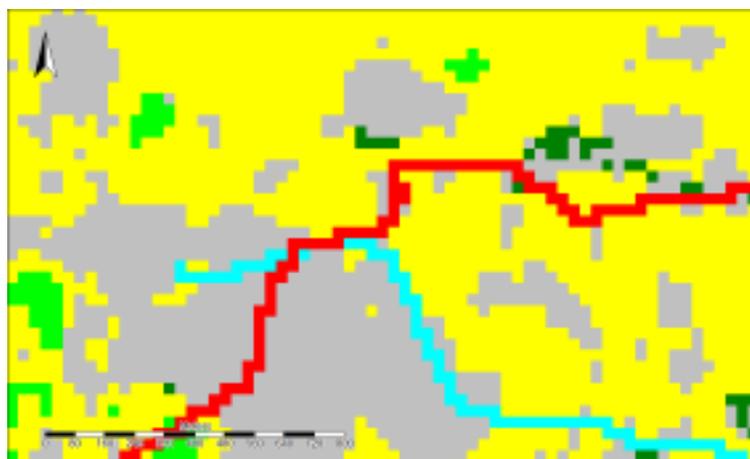


Gambar 9. (a) Peta DEM, (b) peta jaringan jalan, (c) peta tutupan lahan vegetasi dan (d) peta mosaik tutupan lahan, DEM dan vegetasi



Gambar 10. Tutupan lahan

Gambar 11 menunjukkan pixel dari tutupan lahan dari jalan, sungai, pemukiman, savana, pertanian dan hutan.



Gambar 11. Raster tutupan lahan



Gambar 12. (a) GPS, (b) Kamera: Point of view camera (POV)

Untuk mitigasi bencana Covid-19, pemerintah Kabupaten Kupang melalui Dinas Kesehatan Kabupaten Kupang merencanakan untuk penambahan empat (4) Puskesmas yang akan di jadikan rujukan Covid-19 di Kabupaten Kupang. Pemodelan waktu tempuh ke dua di lakukan untuk skenario rencana penambahan empat Puskesmas sebagai lokasi rujukan Covid-19. Yaitu Puskesmas Tarus, Puskesmas Oesao, Puskesmas Oekabiti dan Puskesmas Pakubaun.

Validasi data di lakukan melalui 2 cara, yaitu validasi tutupan lahan dan validasi waktu tempuh ke lokasi rumah sakit dan Puskesmas rujukan.

Tabel 1. LC Speed, land cover speed

No.	ID	Cover Class	Km/h	TT
1.	106	DAS 6	0	99999
2.	6	Tubuh air	0	99999
3.	4	Hutan	1	180
4.	1	Savanna	2	90
5.	2	Pemukiman	3	60
6.	7	Pertanian	0.75	240
7.	105	DAS 5	0	99999
8.	101	DAS 1	2	90
9.	102	DAS 2	2	90
10.	103	DAS 3	2	90
11.	104	DAS 4	0	99999
12.	201	Jalan desa	5	24
13.	202	Jalan kabupaten	15	12
14.	203	Jalan provinsi	30	6
15.	204	Jalan nasional	60	3
16.	3	Lumpur-rawa-tambak	0.5	216
17.	5	Mangrove	0.5	216

Tabel 2. TT Zone, zona waktu tempuh

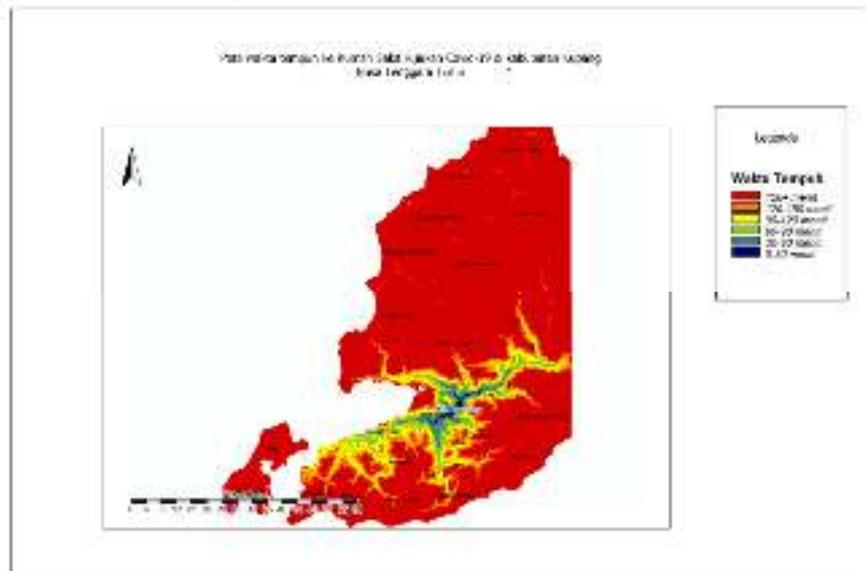
No.	Color	Name	Description	Minimum	Maximum
1	8388608	1	0-30	0	30
2	8421440	2	30-60	30	60
3	2280084	3	60-90	60	90
4	65535	4	90-120	90	120
5	33023	5	120-150	120	150
6	213	6	150+min	150	1200

HASIL DAN PEMBAHASAN

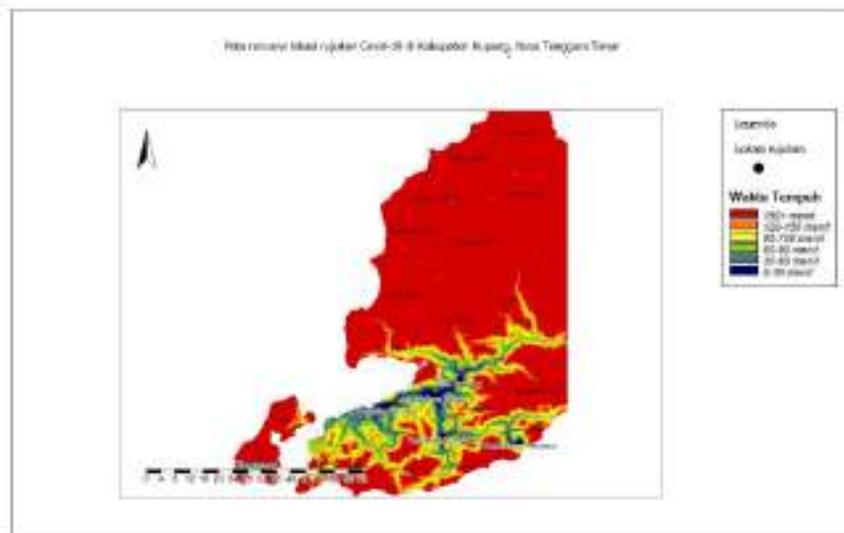
Hasil pemodelan waktu tempuh untuk skenario lokasi rujukan Covid-19 (Gambar 13) saat ini, menunjukkan sebagian besar kecamatan yaitu 16 kecamatan di Kabupaten Kupang, menjangkau RSU

Naibonat lebih dari 2,5 jam perjalanan pada musim hujan. Skenario penambahan empat Puskesmas sebagai rujukan Covid -19 dapat meningkatkan jumlah kecamatan yang dapat menjangkau rumah sakit rujukan Covid-19 kurang dari 2,5 jam (Gambar 14). Aksesibilitas perlu di tingkatkan di Kabupaten Kupang bukan hanya dengan penambahan lokasi fasilitas Kesehatan rujukan Covid-19 tetapi juga dengan peningkatan infrastruktur.

Meskipun di setiap kecamatan memiliki Puskesmas, tetapi Puskesmas belum dapat melayani pasien Covid-19 dengan gejala berat. Pasien Covid-19 dengan gejala berat harus segera di bawa ke rumah sakit rujukan Covid-19. Menurut Dr. dr. Erlina Burhan, MSc, SpP(K) dalam FKUI (13), pasien Covid-19 harus segera di rujuk ke rumah sakit rujukan Covid-19 jika memiliki gejala seperti demam tinggi, batuk terus menerus, badan lemas dan sesak napas.



Gambar 13. Model waktu tempuh ke rumah sakit rujukan Covid-19



Gambar 14. Model waktu tempuh ke rencana Puskesmas rujukan Covid-19

Dengan menggunakan model waktu tempuh ke rumah sakit rujukan Covid-19 ini, pemerintah kabupaten Kupang dapat melihat persoalan aksesibilitas ke rumah sakit rujukan Covid-19. Waktu tempuh ke rumah sakit rujukan Covid-19 di kabupaten Kupang lebih lama di dibandingkan dengan waktu tempuh ke rumah sakit rujukan Covid-19 di pulau Jawa. Berdasarkan pemetaan waktu tempuh ke rumah sakit rujukan Covid-19 pada dashboard SICOVID-19 (<https://sicovid19-geography-ui.hub.arcgis.com/>), waktu tempuh ke rumah sakit rujukan Covid-19 di Pulau Jawa adalah 15-30 menit. Penelitian ini memiliki keterbatasan yaitu citra Landsat 8 yang di ambil bukan pada waktu curah hujan tertinggi, karena curah hujan tertinggi di

Kabupaten Kupang terjadi pada bulan Desember yaitu 287 mm[14]. Tetapi pada bulan April 2021, telah terjadi badai siklon Seroja di Kabupaten Kupang yang menyebabkan terjadinya perubahan tutupan lahan. Oleh karena itu, citra Landsat 8 untuk penelitian ini di ambil pada bulan Oktober setelah badai Seroja. Dimana citra Landsat 8 pada bulan Oktober 2021 memiliki awan paling sedikit dibandingkan citra Landsat bulan sebelumnya. Penelitian ini juga tidak menggunakan elevasi untuk analisa pengaruh kemiringan terhadap waktu tempuh.

SIMPULAN DAN SARAN

Mitigasi bencana Covid-19 di wilayah dengan kondisi geografis yang sulit dapat di analisa dengan pemodelan waktu tempuh ke rumah sakit rujukan Covid-19 menggunakan penginderaan jauh. Waktu tempuh di pengaruhi oleh jumlah waktu untuk melintasi suatu grid/pixel dari permukaan lahan yang berbeda-beda. Pemodelan waktu tempuh rujukan Covid-19, menunjukkan bahwa sebagian besar kecamatan di Kabupaten Kupang menjangkau Rumah Sakit rujukan Covid-19 di Kabupaten Kupang $\geq 2,5$ jam. Rencana penambahan empat lokasi Puskesmas untuk rujukan Covid-19 dapat menurunkan jumlah wilayah kecamatan yang dapat menjangkau rumah sakit dan Puskesmas rujukan Covid-19 $\geq 2,5$ jam. Akses ke rumah sakit rujukan Covid-19 di wilayah dengan kondisi geografis yang sulit perlu di tingkatkan bukan hanya dengan penambahan lokasi rujukan Covid-19 tetapi juga melalui perbaikan infrastruktur.

Untuk penelitian selanjutnya, pemodelan waktu tempuh dapat di tambahkan parameter elevasi dimana kemiringan mempengaruhi kecepatan perjalanan. Serta pengambilan citra Landsat 8 pada waktu musim hujan tertinggi.

DAFTAR PUSTAKA

1. BNPB.2020. Presiden Tetapkan COVID-19 Sebagai Bencana Nasional. Available from: <https://bnpb.go.id/berita/presiden-tetapkan-covid19-sebagai-bencana-nasional>.
2. BPBD NTB. 2021 .Penanganan bencana. Available from: bpbdbntbprov.go.id/pages/penanganan-bencana.
3. BNPB.2020.Peraturan Kepala badan bencana nasional penanggulangan bencana. Nomor 02 Tahun 2012. Tentang pedoman umum pengkajian risiko bencana. Available from: <https://www.bnpb.go.id/uploads/migration/pubs/30.pdf>.
4. Okwaraji Y, Cousens S, Berhane Y, Mulholland K, Edmond K.2012. Effect of Geographical Access to Health Facilities on Child Mortality in Rural Ethiopia: A Community Based Cross Sectional Study. PLoS One. 7(3). doi: 10.1371/journal.pone.0033564.
5. Fisher R, Lassa J.2017. Interactive, open source, travel time scenario modelling: Tools to facilitate participation in health service access analysis. International Journal Health Geografi.16(1):13-. doi: 10.1186/s12942-017-0086-8.
6. Sula N, Tosepu R,2018. Mandaya I. Geo-spatial modelling of travel time to medical facilities in Muna Barat Dsistrict, Southeast Sulawesi Province, Indonesia. Public Health of Indonesia. 4(1):6 %J Public Health of Indonesia. Epub 2018-03-25. doi: 10.36685/phi.v4i1.167.
7. Fisher R. 2016. Tutorial Saga GIS. Available from: <https://sagagisindonesia.wordpress.com/2016/11/23/travel-time/>.
8. Nelson AD, Weiss D, van Etten J, Cattaneo A, McMenemy T, Koo J.2019. A suite of global accessibility indicators. Sci Data. 6(1):1-9. doi: 10.1038/s41597-019-0265-5.
9. Bana M. 2021. 4 Kecamatan di Wilayah Amfoang Terisolir, Rakyat Butuh Bantuan. Available from: <https://timexkupang.com/2021/04/10/4-kecamatan-di-wilayah-amfoang-terisolir-rakyat-butuh-bantuan/>
10. Macharia PM, Odera PA, Snow RW, Noor AM. 2017. Spatial models for the rational allocation of routinely distributed bed nets to public health facilities in Western Kenya. Malaria Journal.16(1):367-. doi: 10.1186/s12936-017-2009-3.
11. Fankhauser K, Nagel CL, Barstow CK, Kirby M, Thomas EA. 2019. Geospatial-temporal, demographic, and programmatic adoption characteristics of a large-scale water filter and improved cookstove intervention in Western Province, Rwanda. Cogent environmental science.5(1):1625481. doi: 10.1080/23311843.2019.1625481.
12. BPS kabupaten Kupang. 2020. Kabupaten Kupang dalam Angka.

PEMETAAN DAERAH RAWAN BENCANA LONGSOR DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS DI KOTA KUPANG

Martinus L. L. Gado, Frederika R. Ngana, Albert Z. Johannes dan Jehunias L. Tanesib

Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana,

Jln. Adisucipto-Penfui, Kupang, 85228, Indonesia

E-mail: luther.gado@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini, bertujuan untuk memetakan daerah rawan longsor di Kota Kupang dengan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) dan penginderaan jauh. Daerah rawan longsor dipetakan menggunakan analisis spasial dari Fuzzy logic di software ArcGIS. Variabel input metode Fuzzy logic merupakan parameter dari tanah longsor yaitu tutupan lahan, curah hujan, kemiringan, dan ketinggian. Hasil keanggotaan Fuzzy dari ke empat parameter tersebut kemudian dilakukan overlay untuk mendapatkan peta daerah rawan longsor. Peta daerah rawan longsor dibagi menjadi lima kelas berdasarkan tingkat kerawannya, yaitu (1) sangat rendah, (2) rendah, (3) sedang, (4) tinggi dan (5) sangat tinggi. Peta tersebut kemudian divalidasi dengan memetakan titik-titik koordinat dari daerah yang rawan longsor di Kota Kupang. Penelitian ini menghasilkan peta daerah yang rawan longsor di Kota Kupang yang terdiri dari tingkat kerawanan longsor sangat rendah 5744 ha (35%), tingkat kerawanan rendah 5332 ha (32%) dan tingkat kerawanan sedang 5494 ha (33%). Faktor kemiringan lereng, ketinggian, curah hujan, dan tutupan lahan saling mempengaruhi sehingga membedakan nilai defuzzification serta kelas kerawanan longsor.

Kata kunci: *metode Fuzzy logic; tanah longsor; penginderaan jauh*

Abstract

[Landslide-prone areas mapping in Kupang city using Geographic Information System]. *This research aims to map landslides-prone areas in Kupang city using Geographic Information System (GIS) and remote sensing. The landslide-prone areas were mapped using spatial analysis of Fuzzy membership in ArcGIS software. The input variables of the Fuzzy method were four landslide parameters such as landcover, rainfall, slope, and altitude. The four parameters result of fuzzy membership were overlaid to obtain a landslide susceptibility map. The map was classed into five landslide susceptibility classes, namely (1) very low, (2) low, (3) medium, (4) high, and (5) very high. Map validation was obtained by mapping the coordinates of the landslide locations in Kupang city. The final map shows landslide-prone areas in Kupang city. The landslide-prone areas in Kupang city consist of three landslide susceptibility classes. Those are 5744 ha (35%) for very low landslide susceptibility, 5332 ha (32%) for low landslide susceptibility, and 5494 ha (33%) for moderate landslide susceptibility. The four-factor of the landslide: land cover, rainfall, slope, and altitude influence each other so that the defuzzification value and the landslide-prone classes are different.*

Keywords: *Fuzzy logic method; landslide; remote sensing*

PENDAHULUAN

Berdasarkan Undang-Undang Nomer 24 tahun 2007, Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) membagi bencana yang terjadi di Indonesia menjadi tiga yaitu, bencana alam, bencana non alam dan bencana sosial. Bencana alam berupa gempa bumi, tsunami, banjir, kekeringan, angin topan dan tanah longsor[1]. Mitigasi bencana merupakan upaya untuk mengurangi resiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi bencana saat terjadi[2]. Kegiatan mitigasi mampu memperkecil tingkat resiko bencana baik korban jiwa maupun materi. Salah satu upaya mitigasi yang telah dilakukan berupa pemetaan bencana. Pemetaan daerah-daerah dengan tingkat resiko bencana tertentu, akan menunjukkan daerah dengan tingkat resiko besar sehingga, perlu dilakukan tindakan mitigasi bencana sedini mungkin. Pemetaan dalam bidang mitigasi bencana sangat diperlukan agar dapat meminimalisir resiko bencana.

Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) menggunakan metode pemetaan dalam upaya mengetahui lokasi rawan bencana[3]. Pemetaan yang dilakukan dengan metode penginderaan jauh (bantuan satelit bumi) dan sistem informasi geografis (SIG), dapat memberikan informasi yang dibutuhkan dalam pembuatan peta. Penggunaan pemetaan sangat membantu untuk memberikan informasi spasial daerah rawan bencana dengan skala dan tujuan tertentu. Indonesia yang secara geografis berada dalam posisi yang rentan terhadap bencana. Sehingga penggunaan pemetaan rawan bencana sangat cocok untuk memberikan informasi daerah-daerah yang memiliki resiko bencana tinggi.

Menurut Badan Penanggulangan Bencana Daerah Provinsi Nusa Tenggara Timur, hampir seluruh wilayah Nusa Tenggara Timur merupakan daerah rawan banjir dan longsor[4]. Kota Kupang termasuk salah satu lokasi rawan bencana di Nusa Tenggara Timur. Hal ini disebabkan oleh aktifitas cuaca ekstrim yang terjadi di kota Kupang, sehingga berdampak pada angin kencang, hujan dan gelombang laut yang menyebabkan terjadinya bencana banjir dan longsor. Demikian pula pemukiman yang padat penduduknya dan letaknya di lereng bukit dan bantaran sungai, menyebabkan kondisi permukiman tersebut rawan akan bencana longsor dan banjir. Menurut Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kota Kupang terdapat 6 daerah rawan bencana longsor yaitu daerah Air Nona, Tuak Daun Merah (TDM), Mantasi, Fatufeto, Fontein dan Manutapen[5]. Kota Kupang sangat berpotensi memiliki daerah rawan bencana dan memiliki tingkat kepadatan penduduk yang tinggi. Hal ini dapat menyebabkan banyaknya korban jiwa maupun materi. Oleh karena itu, peneliti ingin melakukan penelitian daerah rawan bencana longsor, dengan menggunakan metode *Fuzzy Logic* di Kota Kupang. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan daerah rawan bencana longsor di Kota Kupang untuk keperluan mitigasi bencana.

Banyak fenomena spasial memiliki batas-batas tak tentu. Logika fuzzy telah diterapkan untuk banyak area dalam SIG seperti analisis spasial fuzzy, penalaran fuzzy, dan representasi batas fuzzy. Logika fuzzy merupakan alat yang akurat dan kuat dalam memodelkan fenomena geomorfik, khususnya gerakan massa, yang bersifat nonlinier dan kompleks yang dipengaruhi oleh beberapa interaksi variabel[6]. Nugraha[7] menunjukkan bahwa metode *Fuzzy Logic* cocok diterapkan pada kota-kota dengan tingkat kepadatan penduduk tinggi. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk memetakan daerah rawan bencana longsor dengan menggunakan metode fuzzy logic. Misalkan pemetaan rawan longsor di Kabupaten Purworejo, Jawa Tengah[8] dan pemetaan rawan longsor di Kecamatan Gombong, Karanganyar, Karanggayam, dan Sempor, Kabupaten Kebumen, Jawa Tengah[9] dengan input parameter kemiringan lereng, elevasi morfologi, tutupan lahan, curah hujan, jenis tanah dan jenis batuan. Kemudian pemetaan rawan longsor di Kecamatan Leupung Kabupaten Aceh Besar[10] dengan parameter curah hujan dan jenis batuan. Berdasarkan pengetahuan penulis, belum ada pemetaan daerah rawan longsor di Kota Kupang dengan menggunakan *Fuzzy Logic*.

Fuzzy Logic

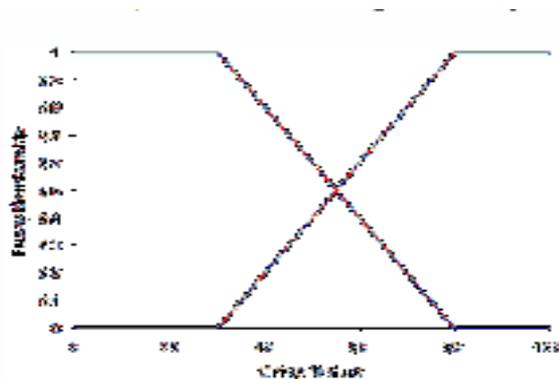
Dunia pemetaan telah dikembangkan kombinasi antara Sistem Informasi Geografis dengan metode *fuzzy logic* untuk mengidentifikasi daerah rawan bencana. Metode *Fuzzy logic* merupakan teknik pengambilan keputusan dengan menggunakan sejumlah data yang memiliki ketidakpastian *fuzzy* khususnya dalam Sistem Informasi Geografis[11]. Logika *fuzzy* adalah metode berhitung tapi disimbolkan dengan kata-kata sebagai pengganti bilangan. Analisis hasil data digunakan kata-kata yang mirip dengan konsep logika pada manusia sehingga hasil keluarannya didapat dalam banyak kemungkinan. Metode ini menyerupai sistem logika manusia yang digunakan dengan permisalan beberapa keadaan untuk melakukan interpretasi hasil. Logika *fuzzy* menyerupai konsep berfikir

manusia dalam sifat kesamaran suatu nilai, sehingga anggota dari banyak himpunan dengan derajat keanggotaan yang berbeda

Fungsi Keanggotaan Fuzzy

Metode logika fuzzy memiliki potensi untuk memberikan penilaian longsor yang lebih baik dibandingkan dengan pendekatan lain, karena keanggotaan variabel tidak bernilai dua dalam logika fuzzy, dan dapat menetapkan angka dari nol hingga satu. Suatu fungsi yang mengungkapkan derajat keanggotaan variabel dianggap sebagai fungsi keanggotaan[12].

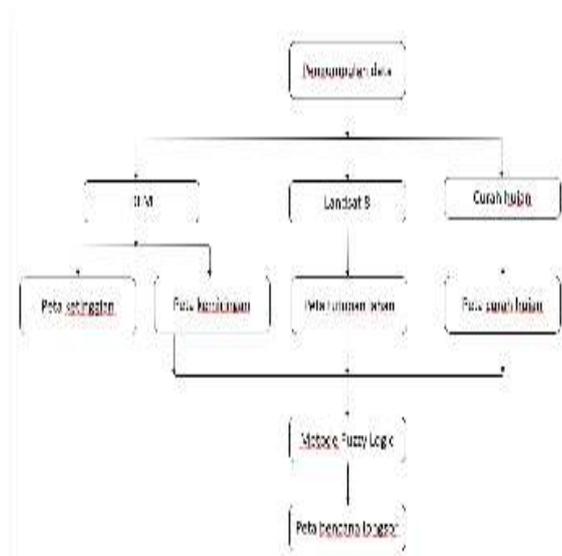
Fungsi keanggotaan dari himpunan *Fuzzy* adalah suatu fungsi yang menyatakan keanggotaan dari suatu himpunan nilai-nilai. Fungsi keanggotaan memiliki peranan yang sangat penting dalam merepresentasikan masalah, serta mampu menunjukkan pemetaan titik inputan data ke dalam nilai keanggotaannya. Salah satu fungsi keanggotaan Fuzzy adalah fungsi keanggotaan linear. Fungsi keanggotaan linear merupakan representasi keanggotaan yang digambarkan pada garis lurus. Terdapat dua jenis keanggotaan linear yaitu linear naik dan linear turun. Representasi linear menerapkan nilai minimum dan nilai maksimum dari parameter pengguna. Nilai di bawah nilai minimum memiliki keanggotaan nol (0), sedangkan nilai di atas nilai maksimal memiliki keanggotaan satu (1) (Gambar 1).



Gambar 1. Kurva fungsi keanggotaan Fuzzy Linear[13]

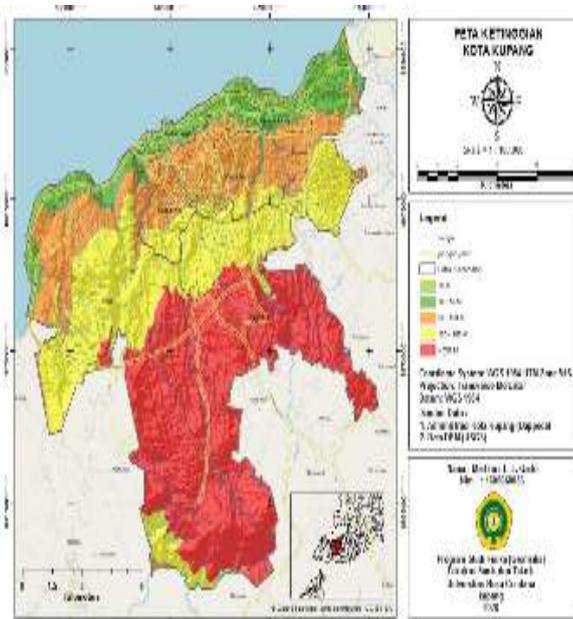
METODE

Penelitian ini dilakukan di kota Kupang, Provinsi Nusa Tenggara Timur. Pembuatan peta rawan longsor dilakukan dengan menggunakan metode fuzzy logic pada ArcGIS 10.8. Metode ini menggabungkan peta kemiringan, peta ketinggian, peta tutupan lahan dan peta curah hujan sebagai parameter longsor. Tahapan pembuatan peta rawan longsor ditunjukkan pada diagram alir penelitian berikut ini (Gambar 2).



Gambar 2. Diagram alir penelitian

Kemudian setiap parameter dari keempat peta tersebut di klasifikasikan berdasarkan pengaruhnya terhadap longsor. Peta parameter longsor dibuat dalam format raster. Peta ketinggian diperoleh dari data DEM (Digital Elevation Model) (Gambar 3). Untuk peta ketinggian, dilakukan klasifikasi data DEM menjadi 5 kelas yaitu <10 m, 10-50 m, 50-100m, 100-200 m, dan >200 m.



Gambar 3. Peta ketinggian kota Kupang

Peta kemiringan lereng diperoleh dari data DEM (Gambar 4). Untuk peta kemiringan lereng dilakukan klasifikasi menjadi 5 kelas berdasarkan SK Mentan No. 837/Kpts/Um/'11/80[11], yaitu kemiringan 0-8%, 8-15%, 15-25%, 25-40% dan >40%.



Gambar 4. Peta kemiringan lereng

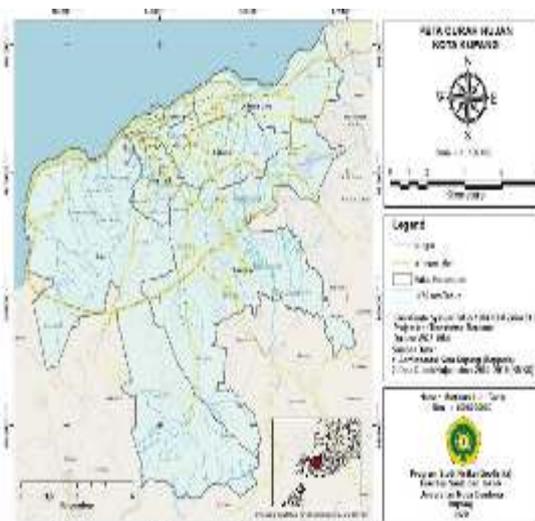
Peta tutupan lahan diperoleh dari pengolahan citra Landsat 8 dengan metode *supervised classification* (Gambar 5). Untuk peta tutupan lahan diklasifikasikan berdasarkan Effendi,dkk[11], yaitu kurang peka (bakau dan hutan), agak peka (perkebunan dan semak belukar), peka (sawah dan

permukiman) dan sangat peka (tegalan dan lahan kering). Titik *ground truth* dari lokasi tutupan lahan diambil dengan menggunakan GPS Garmin eTrex 30.



Gambar 5 Peta tutupan lahan Kota Kupang

Sedangkan peta curah hujan diperoleh dari rata-rata curah hujan di Kota Kupang tahun 2015-2019 dari BMKG kota Kupang (Gambar 6). Peta curah hujan hanya ada satu kelas klasifikasi saja yaitu besar nilai curah hujan kota Kupang selama tahun 2015-2019 sebesar 1176mm/tahun. Kota kupang hanya memiliki pos pengamat curah hujan di Stasiun Klimatologi Kelas II Kupang, Lasiana sehingga besarnya curah hujan dianggap merata untuk seluruh Kota Kupang.



Gambar 6. Peta curah hujan Kota Kupang

Pembuatan peta rawan longsor kota kupang menggunakan metode *Overlay Fuzzy Logic*. Peta parameter bencana longsor dilakukan *Overlay* dalam format raster. Peta tersebut berupa; peta ketinggian, peta kemiringan lereng, peta tutupan lahan dan peta curah hujan. Penentuan *Fuzzy Membership* bertujuan untuk mengubah data parameter ke dalam keanggotaan *fuzzy*. Penentuan ini menggunakan tools *Fuzzy Membership* pada ArcGIS 10.8 dengan tipe representasi Linear. Dimana

pembentukan keanggotaan antara nilai minimum dan nilai maksimum. Nilai di bawah minimum akan diberi nol dan nilai di atas maksimum akan diberi satu.

Hasil penentuan keanggotaan *Fuzzy* setiap parameter dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Derajat Kebenaran Parameter

Parameter Bencana	Kelas	Kelas	<i>Reclassify</i>	Derajat Kebenaran
Kemiringan Lereng	Datar	0-8%	8	0
	Landai	8-15%	15	0,166666672
	Agak Curam	15-25%	25	0,40476191
	Curam	25-40%	40	0,761904776
	Sangat Curam	>40%	100	1
Ketinggian	Sangat Rendah	< 10m	10	0
	Rendah	10-50m	50	0,166666672
	Sedang	50-100m	100	0,40476191
	Tinggi	100-200m	200	0,761904776
Curah Hujan	Sangat Tinggi	>200m	476	1
	Basah	>4000	0	0
	Agak Basah	3000-4000	0	0
	Sedang	2000-3000	0	0
	Agak Kering	1000-2000	1200	0,25
Tutupan Lahan	Kering	< 1000	0	0
	Kurang Peka	Bakau, Hutan	1	0
	Agak Peka	Perkebunan, Semak Belukar	2	0,333333343
	Peka	Sawah, Pemukiman	3	0,666666687
	Sangat Peka	<i>Tegalan</i> , lahan kering	4	1

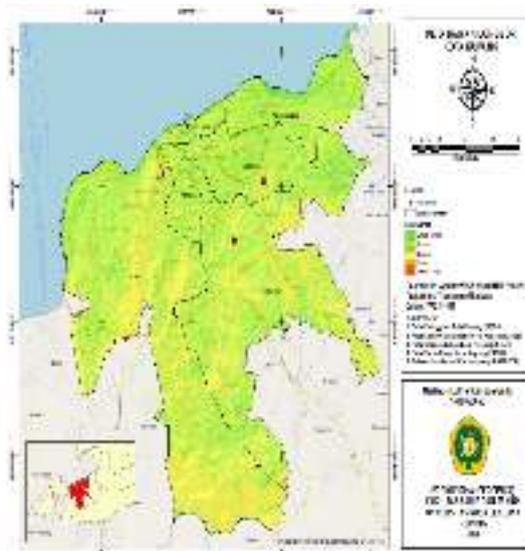
Peta longsor yang dibuat kemudian divalidasi. Validasi peta dilakukan dengan membandingkan hasil peta dengan lokasi bencana longsor di Kota Kupang (Tabel 2). Bencana longsor di kota Kupang terjadi pada musim hujan dan umumnya terjadi pada daerah bantaran kali.

Tabel 2 Lokasi Longsor di Kota Kupang

Koordinat lokasi longsor			Lokasi longsor
X	Y	Z	
563418	8875421	63	Manutapen
561327	8869306	208	Jalur 40
567422	8872943	191	Kampung Restorasi Belo
567298	8873024	164	Kampung Restorasi Belo
569025	8875201	56	Tuak Daun Merah

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan peta daerah rawan longsor di kota Kupang dilakukan dengan metode *Fuzzy Logic*. Hasil pemetaan pada Gambar 7, menunjukkan luasan daerah rawan longsor berdasarkan tingkat kerawanannya.



Gambar 7. Peta bencana longsor

Kota Kupang memiliki daerah rawan longsor dengan tiga klasifikasi yaitu sangat rendah dengan luas 5744 ha, rendah 5332 ha dan sedang 5494 ha. Beberapa lokasi yang terjadi longsor di kota Kupang yaitu Manutapen, Jalur 40, Kampung Restorasi Belo dan Tuak Daun Merah. Longsor yang terjadi pada lokasi tersebut berada pada daerah permukiman padat dan daerah bantaran sungai. Hasil overlay titik dengan peta rawan bencana longsor menunjukkan hasil cukup baik dimana titik longsor di Kota Kupang berada pada kerawanan sedang.

Kota Kupang dengan kepadatan penduduk yang tinggi menyebabkan banyak permukiman di bantaran sungai (Gambar 8). Hasil survei lapangan diperoleh bahwa longsor yang terjadi di Kota Kupang didominasi pada area pinggir sungai. Minimnya kesadaran masyarakat untuk tidak membangun permukiman di area pinggir sungai menjadi salah satu penyebab bencana longsor terjadi.



Gambar 8 salah satu lokasi longsor di Kota Kupang

Lokasi longsor adalah di Tuak Daun Merah, Kecamatan Oebobo. Longsor terjadi disebabkan oleh faktor erosi pada musim penghujan. Hal ini juga disebabkan oleh faktor ketinggian dan kemiringan lereng yang curam. Beberapa rumah di bantaran kali terkena dampak dari peristiwa longsor tersebut

SIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode *Fuzzy Logic* dapat digunakan untuk memetakan daerah rawan longsor di Kota Kupang dengan efektif. Metode ini menggunakan empat parameter longsor yaitu curah hujan, tutupan lahan, ketinggian dan kemiringan lereng. Sebaran lokasi rawan bencana longsor Kota Kupang berdasarkan analisis *Fuzzy Logic* diperoleh tiga kelas yaitu kerawanan sangat rendah 5744 ha (35%), kerawanan rendah 5332 ha (32%) dan kerawanan sedang 5494 ha (33%).

SARAN

Pada penelitian ini, tidak digunakan parameter jenis tanah. Untuk penelitian selanjutnya di sarankan untuk menambahkan parameter jenis tanah untuk membuat pemetaan daerah rawan longsor.

DAFTAR PUSTAKA

1. BNPB. 2020. Definisi bencana. Available from: <https://www.bnpb.go.id/definisi-bencana>.
2. BPBD NTB. 2021. Penanganan bencana. Available from: bcbd.ntbprov.go.id/pages/penanganan-bencana.
3. BNPB. 2020. Peraturan Kepala badan bencana nasional penanggulangan bencana. Nomor 02 Tahun 2012. Tentang pedoman umum pengkajian risiko bencana. Available from: <https://www.bnpb.go.id/uploads/migration/pubs/30.pdf>.
4. Lewanmeru, O. 2019. Bencana di NTT Masih Dominan Akibat Angin Kencang dan Banjir: Pos Kupang. Available from: kupang.tribunnews.com/2019/01/25/bencana-di-ntt-masih-dominan-akibat-angin-kencang-dan-banjir.
5. Jahang, B. 2017. Daerah Rawan Bencana di Kota Kupang: Antara NTT. Available from: <https://kupang.antaranews.com/berita/5126/daerah-rawan-bencana-di-kota-kupang>.
6. Kainz, W. 2007. Fuzzy logic and GIS. Journal Vienna: University of Vienna.
7. Nugraha, A. L. 2018. Peningkatan Akurasi dan Presisi Analisa Spasial Pemodelan Banjir Kota Semarang Menggunakan Kombinasi Sistem Informasi Geografis Dan Metode Logika Fuzzy. Teknik. 39(1):16-24.
8. Sudrajat, M. A., Susilo, B., Falisa, F. 2020. Analisis tingkat kerawanan longsor menggunakan metode fuzzy logic dan kinematik daerah Giyombong dan sekitarnya, Jawa Tengah. Journal Applicable Innovation of Engineering Science Research. 526-34.

9. Mubarakah F, Susilo B.2020. Analisis tingkat kerawanan longsor menggunakan metode Fuzzy Logic dan kinematik daerah Karanganyar dan sekitarnya kabupaten Kebumen, Jawa Tengah. Journal Applicable Innovation of Engineering and Science Research. 946-52.
10. Lubis, RA, Rusdi, M, Basri,HJ. 2018.Pemetaan tingkat kerawanan longsor berdasarkan curah hujan dan geologi menggunakan metode Fuzzy Logic di Kecamatan Leupung Kabupaten Aceh Besar. Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian.3(2):434-41.
11. Effendi, AY, Hariyanto, TJTI. 2016. Pembuatan Peta daerah rawan bencana tanah longsor dengan menggunakan metode Fuzzy Logic.(Studi Kasus: Kabupaten Probolinggo). Jurnal Teknik ITS. 5(2):A714-A22.
12. Baharvand,S, Rahnamarad, J, Soori, S, Saadatkah, N.2020.Landslide susceptibility zoning in a catchment of Zagros Mountains using fuzzy logic and GIS. Journal Environmental Earth Sciences. 79(10):1-10.
13. Esri.2016.How Fuzzy Membership works. Available from: <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-fuzzy-membership-works.htm>.

PEMODELAN BATUAN BAWAH PERMUKAAN SECARA DUA DIMENSI MENGGUNAKAN DATA ANOMALI MAGNETIK DI MIOMAFO BARAT KABUPATEN TIMOR TENGAH UTARA

Nesti Ferawati Teftae, Hadi Imam Sutaji, dan Bernandus

*Prodi Fisika, Fakultas Sains Dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Jln. Adi Sucipto, Penfui, Kota
Kupang, 8511, Indonesia*

Email: Ferawatynesty@gmail.com

Abstrak

Penelitian tentang pemodelan batuan bawah permukaan secara dua dimensi menggunakan data anomali magnetik ini dilaksanakan di Miomafo Barat Kabupaten Timor Tengah Utara yang bertujuan untuk mengetahui perlapisan batuan dan sebarannya. Pada penelitian ini, data anomali magnetik diperoleh dari Proton Precession Magnetometer (PPM) tipe GSM-19T, dimana data tersebut berupa medan magnet total dan variasi harian. Interpretasi kualitatif terhadap hasil penelitian menunjukkan adanya anomali rendah, sedang dan tinggi sedangkan interpretasi kuantitatifnya memberikan dugaan adanya batu pasir, lempung, batu gamping dan batu ultrabasa sebagai penyusun perlapisan batuan bawah permukaan. Batu pasir dan lempung diduga tersebar setempat-setempat di sekitar arah barat laut, tenggara, timur, selatan barat daya dan barat daya. Sementara, batu gamping diduga memiliki arah sebaran setempat-setempat pada arah sekitar barat laut, utara, timur, Timur laut, timur timur laut, tenggara, timur tenggara, selatan, barat daya dan barat daya. Untuk batu ultrabasa, arah sebarannya diduga hampir merata dan dominan pada sekitar bagian tengah lokasi penelitian, arah barat barat daya, barat, barat-barat laut, timur laut, timur-timur laut, timur tenggara serta selatan

Kata kunci : *Pemodelan, anomali magnetik, dua dimensi, Miomaffo Barat*

Abstract

This research on subsurface rock modeling in two dimensions using magnetic anomaly data was carried out in West Miomafo, North Central Timor Regency, which aims to determine the rock layers and their distribution. In this study, magnetic anomaly data were obtained from the Proton Precession Magnetometer (PPM) GSM-19T type, where the data consisted of a total magnetic field and daily variations. Qualitative interpretation of the research results shows the presence of low, medium and high anomalies, while the quantitative interpretation suggests the presence of sandstone, clay, limestone and ultramafic rocks as constituents of subsurface rock layers. Sandstone and clay are thought to be scattered locally around the northwest, southeast, east, south, and southwest directions. Meanwhile, limestone is thought to have a local-local distribution direction in the direction of around northwest, north, east, northeast, northeast, southeast, east southeast, south, and southwest. For ultramafic rocks, the distribution direction is assumed to be almost evenly distributed and dominant around the center of the study site, in the southwest, west, west-northwest, northeast, east-northeast, east-southeast and south directions.

Key words: *Modeling, magnetic anomaly, two dimensions, West Miomaffo*

PENDAHULUAN

Perlapisan batuan bawah permukaan yang tersusun atas berbagai jenis batuan memberikan karakteristik yang berbeda antara suatu lapisan tertentu dengan lapisan lainnya. Perbedaan karakteristik ini dapat memberikan banyak informasi terkait keadaan lapisan batuan bawah permukaan itu sendiri sehingga dapat dimanfaatkan untuk banyak hal, seperti bidang geoteknik, kebencanaan dan pariwisata.

Pada bidang geoteknik, informasi lapisan bawah permukaan dapat digunakan sebagai kajian awal kegiatan perencanaan pembangunan untuk mencegah timbulnyadeformasi struktur tanah yang kemudian dapat menyebabkan penurunan bangunan [1]. Untuk kebencanaan, informasi lapisan bawah permukaan

bermanfaat pada kajian awal dari suatu antisipasi atau mitigasi terhadap bencana alam yang kemungkinan terjadi, seperti longsor, gempa, banjir dan erosi tanah oleh air. Selanjut pada bidang pariwisata, informasi lapisan bawah permukaan dapat memberikan petunjuk untuk penentuan lokasi pariwisata yang memiliki tingkat keamanan tinggi di lapisan bawah permukaan, seperti area atau daerah bekas penambangan batu gamping dan emas serta gua.

Ada banyak informasi yang dapat diperoleh dari lapisan batuan bawah permukaan, diantaranya berupa stratigrafi batuan, jenis batuan, penyusun lapisan, kedalaman batuan, volume batuan dan deposit batuan. Berbagai informasi tersebut dapat dikaji dengan ilmu kebumihan seperti geologi dan geofisika [2]. Kajian keduanya tentunya perlu memperhatikan area atau daerah yang diinginkan, misalnya untuk Kabupaten Timor Tengah Utara (TTU) yang berada di Pulau Timor pada Propinsi Nusa Tenggara Timur.

Secara geologi daerah Kabupaten Timor Tengah Utara (TTU) memiliki beberapa stratigrafi batuan, diantaranya berupa Formasi Noni, kompleks bobonaro, formasi Noele, formasi mutis, Formasi maubisse, formasi noil toko dan formasi haulasi. Hal ini juga terjadi pada area Sungai Noeltoko dan sekitarnya yang berada di Desa Noeltoko pada daerah Miomafo Barat yang berada di formasi noeltoko, kompleks bobonaro, kompleks mutis, formasi noni dan formasi haulasi.

Kelima formasi tersebut tentunya terkait dengan lapisan batuan bawah permukaan di area Sungai Noeltoko dan sekitarnya sehingga perlu untuk dikaji lebih lanjut. Hal ini cukup beralasan karena keberadaan lima formasi batuan pada area tersebut memberikan kekhawatiran yang berdampak negatif ketika ada gempa ataupun pergeseran lempeng, misalnya pergeseran lempeng Indo-Australia dengan lempeng Eurasia. Selain itu adanya erosi sungai, baik erosi pada bagian pinggir atau tepi sungai maupun erosi dasar sungai juga menjadi masalah dan kekhawatiran apalagi ketika volume air sungai bertambah, terutama pada musim hujan.

Selain secara geologi, informasi lapisan batuan bawah permukaan juga dapat diperoleh dari ilmu geofisika, tepatnya pemanfaatan metode geofisika seperti metode geolistrik, metode gravitasi dan metode geomagnet [3]. Metode

geomagnet, merupakan metode geofisika *non-seismik* yang dapat digunakan untuk menginterpretasikan lapisan bawah permukaan beserta jenis batuan berdasarkan intensitas medan magnet yang terukur di permukaan [4]. Metode ini didasarkan pada adanya variasi distribusi benda yang termagnetisasi di bawah permukaan dalam bentuk anomali magnetik dan suseptibilitas. Nilai suseptibilitas inilah yang menggambarkan keadaan perlapisan batuan bawah permukaan, baik arah sebaran batuan maupun kedalamannya [5].

Geologi Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian yang berada di daerah Miomafo Barat, yaitu pada area Sungai Noeltoko dan sekitarnya di Desa Noeltoko memiliki lima jenis batuan, yaitu formasi noeltoko formasi haulasi, kompleks mutis, formasi noni dan kompleks bobonaro.

Sifat Kemagnetan Batuan

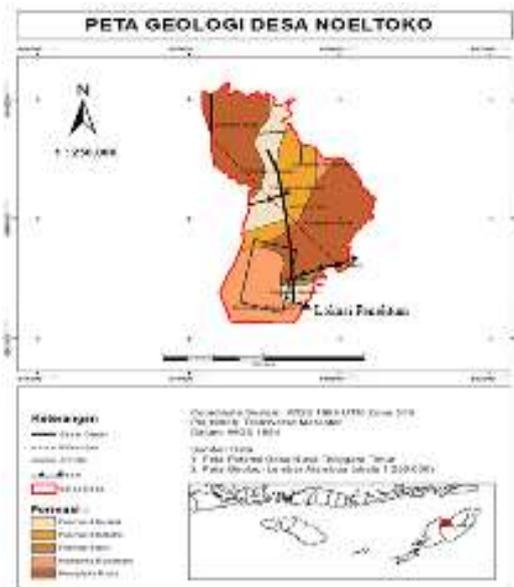
Sifat kemagnetan berada pada batuan berbeda-beda antara batuan yang satu dengan batuan lainnya. Berdasarkan sifat kemagnetan tersebut maka batuan dibedakan menjadi batuan diamagnetik, paramagnetik, dan ferromagnetik [6]. Pada batuan diamagnetik, nilai suseptibilitas kecil dan negatif. Sementara nilai suseptibilitas untuk batuan paramagnetik bernilai positif dan sangat kecil sedangkan untuk batuan ferromagnetik, nilai suseptibilitasnya bernilai positif dan jauh lebih besar dari satu.

Gaya Magnetik

Gaya magnetik berbanding lurus dengan kedua kutub magnetik q_1 dan q_2 serta berbanding terbalik dengan r yaitu jarak antara keduanya. Besarnya nilai gaya magnetik dapat ditentukan melalui persamaan berikut ini.

$$\vec{F} = \frac{q_1 q_2}{\mu_0 r^2} \hat{r} \quad (1)$$

dimana \hat{r} adalah vektor satuan dari q_1 ke q_2 sedangkan μ_0 menunjukkan nilai permeabilitas medium dalam ruang hampa, tidak berdimensi dan berharga satu [7].



Gambar 1. Peta geologi lokasi penelitian

Kuat Medan Magnetik

Suatu titik yang berada sejauh r dari q_1 memiliki suatu kuat medan magnet yang dinyatakan dengan \vec{H} . Kuat medan magnet (\vec{H}) diartikan sebagai gaya persatuan kuat kutub magnet [4].

$$\vec{H} = \frac{\vec{F}}{q_2} = \frac{q_1}{\mu_0 r^2} \hat{r} \quad (2)$$

Induksi Magnetik

Induksi magnetik terjadi jika suatu benda masih terpengaruh medan magnet luar \vec{H} pada suatu area tertentu. Besarnya medan magnet baru hasil induksi magnetik ini dinyatakan dengan \vec{H}' dan dituliskan dengan persamaan:

$$\vec{H}' = 4\pi k \vec{H} \quad (3)$$

sedangkan medan magnet totalnya pada benda tersebut diungkapkan melalui persamaan:

$$\vec{B} = \mu_r \cdot \vec{H} \quad (4)$$

dimana \vec{B} adalah medan magnet total (gauss atau nT), μ_r permeabilitas relatif benda magnetik atau $\mu_r = 1 + 4\pi k$, dimana nilai $1g = 10^5$ gauss = 1nT [8].

Suseptibilitas Magnetik

Suseptibilitas magnetik, umumnya dinyatakan dengan simbol huruf k dan nilainya ditentukan melalui persamaan:

$$k = \frac{\vec{I}}{\vec{H}} \text{ atau } k \vec{H} = \vec{I} \quad (4)$$

Semakin banyak mineral-mineral magnetik pada batuan, maka nilai suseptibilitasnya semakin besar begitu pula sebaliknya. Jika kandungan mineral magnetik pada batuan semakin sedikit maka nilai suseptibilitasnya menjadi lebih kecil.

Masalah

Pada penelitian ini, masalah yang dapat diungkapkan diantaranya berupa: bagaimanakah sebaran anomali magnetik dan sebaran batuan bawah permukaan di area Sungai Noeltoko dan sekitarnya pada daerah Miomafo barat.

Rencana pemecahan masalah

Data anomali magnetik dikoreksi melalui koreksi variasi harian dan koreksi IGRF kemudian dikontinuasi ke atas untuk mendapatkan peta sebaran anomali magnetiknya. Selanjutnya pada peta sebaran anomali magnetik hasil kontinuasi ke atas tersebut diberi sayatan untuk mendapatkan hasil pemodelan dan suseptibilitas yang menggambarkan sebaran batuan bawah permukaan.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sebaran anomali magnetik dan sebaran batuan bawah permukaan di area Sungai Noeltoko dan sekitarnya pada daerah Miomafo Barat, Kabupaten Timor Tengah Utara.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Tempat berlangsungnya penelitian yaitu pada area Sungai Noeltoko dan sekitarnya yang termasuk wilayah Miomafo Barat Kabupaten Timor Tengah Utara.

Prosedur dan akuisisi data

Pelaksanaan penelitian diawali oleh survei lokasi yang bertujuan untuk menentukan titik ukur dan lintasan sebagai tempat akuisisi data. Pada pelaksanaannya akuisisi data dilakukan dengan metode looping yang menghasilkan data berupa nilai magnetik total bumi dan variasi harian.

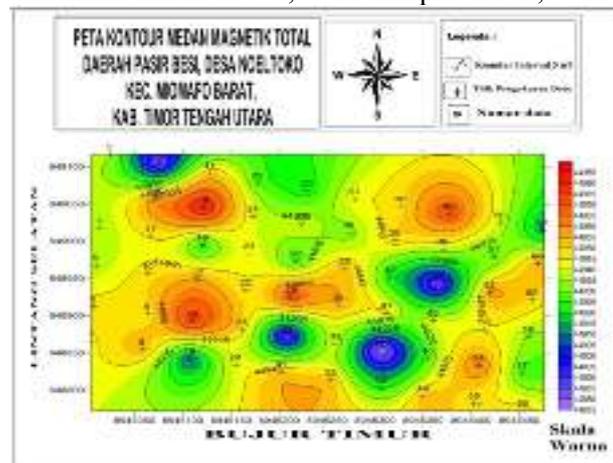
Teknik Pengolahan Data

Data hasil akuisisi dikoreksi melalui koreksi variasi harian dan koreksi IGRF dan hasilnya dikontinuasi ke atas serta diberi sayatan agar diperoleh pemodelan bawah permukaan serta nilai suseptibilitasnya yang mewakili keadaan perlapisan batuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN

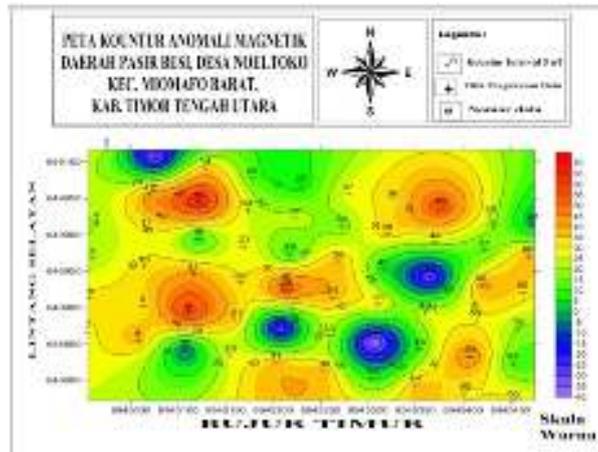
Hasil Penelitian

Pengambilan data dilakukan pada 60 titik ukur di 5 lintasan menggunakan seperangkat alat *Proton Precession Magnetometer* (PPM) tipe GSM-19T.. Hasil pengambilan data di lapangan menunjukkan nilai medan magnetik total berkisar antara 44873,96 nT sampai 44986,99 nT.



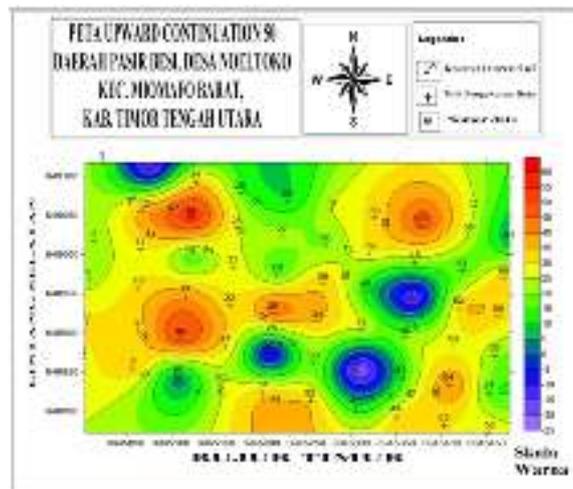
Gambar 2. Peta kontur medan magnet total

Untuk hasil koreksi nilai anomali magnetik dengan koreksi variasi harian dan koreksi IGRF diperlihatkan di gambar berikut ini.



Gambar 3. Peta kontur anomali magnetik hasil

Sedangkan hasil kontinuasi pada ketinggian 50 m ditampilkan di gambar berikut ini.



Gambar 4. Peta anomali magnetik hasil.

Pembahasan Penelitian Interpretasi kualitatif

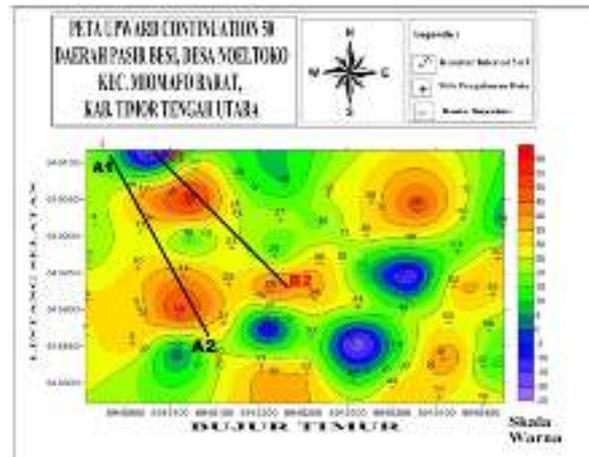
Sebaran anomali magnetik hasil kontinuasi yang berkisar antara -25 nT sampai 65 nT menjadi dasar untuk pembuatan model. Pada sebaran anomali ini terdapat tiga pola anomali, yaitu anomali rendah, sedang dan anomali tinggi.

Untuk pola anomali rendah memiliki nilai sekitar -25 nT sampai 0 nT yang berada dalam keadaan setempat-setempat, diantaranya pada arah sekitar barat laut, timur, tenggara dan barat daya. Keadaan yang setempat-setempat ini juga terjadi pada anomali sedang sekitar 0 nT sampai 20 nT yang dapat ditemukan, diantaranya pada arah sekitar barat laut, utara, timur, tenggara dan barat daya. Sementara pada anomali 20 nT sampai 65 nT yang merupakan anomali tinggi tersebar hampir merata pada lokasi penelitian, namun dapat ditemukan lebih dominan, diantaranya pada arah barat, barat-barat daya, timur tenggara dan selatan.

Jika nilai sebaran anomali magnetik tersebut dikaitkan dengan informasi geologi yang ada maka diduga bawa area yang memiliki nilai anomali rendah berupa batu pasir dan lempung. Hal ini berbeda dengan area yang memiliki anomali sedang karena pada area ini timbul dugaan berupa batu gamping sedangkan area anomali tinggi diduga berupa batu ultrabasa.

Interpretasi kuantitatif

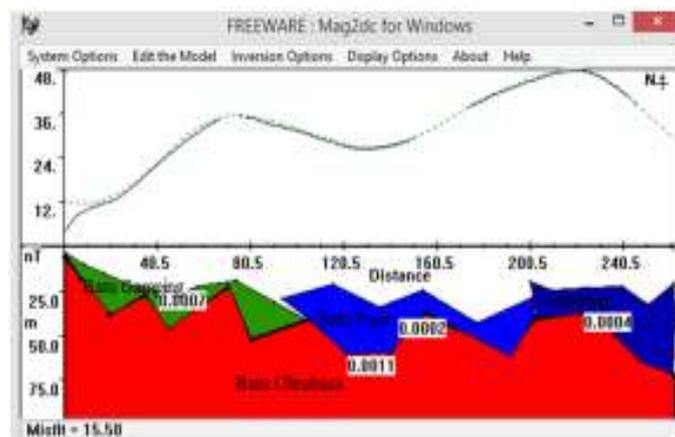
Keberadaan interpretasi kuantitatif pada hasil pemodelan 2D yang dilakukan melalui sayatan yang telah diberikan dapat memberikan penafsiran ataupun informasi terkait keadaan perlapisan batuan bawah permukaan.



Gambar 5. Peta sayatan magnetik yang dimodelkan

Untuk input data yang digunakan pada pemodelan yaitu deklinasi sebesar 1,4231 dan inklinasi sebesar -34,6141 serta IGRF sebesar 44931,5 nT.

Hasil Pemodelan dari sayatan A1-A2 yang terbentang dari sekitar arah utara barat laut sampai selatan tenggara menunjukkan perlapisan batuan bawah permukaan seperti gambar berikut.

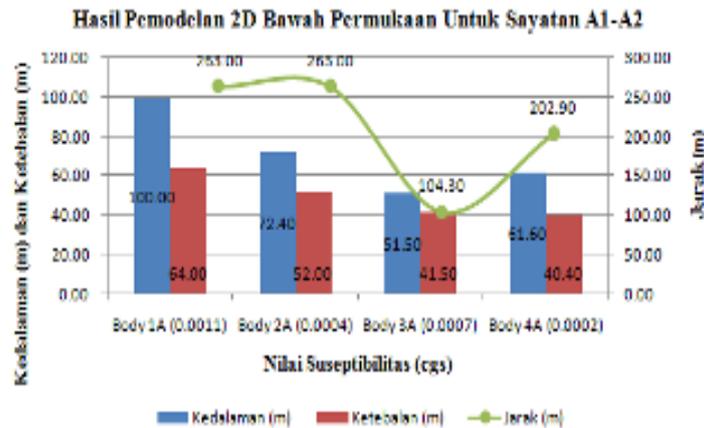


Gambar 6. Hasil pemodelan sayatan A1-A2

Pada sayatan A1-A2, hasil pemodelan memperlihatkan perlapisan batuan yang tersusun atas empat litologi batuan, yaitu batu pasir, lempung, batu gamping dan batu ultrabasa. Nilai susceptibilitas, kedalaman, ketebalan dan jaraknya dari masing-masing batuan tersebut dapat dinyatakan seperti pada tabel dan grafik berikut ini.

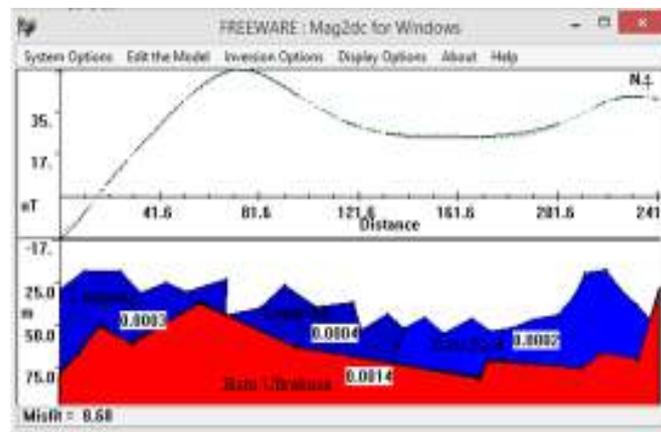
Tabel 1. Hasil pemodelan sayatan A1-A2

Body sayatan	k (cgs)	$d \pm$ (m) (Kedalaman)	$h \pm$ (m) (Ketrbalan)	$r \pm$ (m) (Jarak)	Litologi
4A	0,0002	21,2-61,6	40,4	94,1-202,9	Batu pasir
3A	0,0007	3,5-51,5	41,5	0,9-104,3	Batu gamping
2A	0,0004	20,0-72,4	52,0	200,5-263,0	Lempung
1A	0,0011	6,2-100,0	64,0	0,0-263,0	Batu ultrabasa



Gambar 7. Grafik hasil pemodelan 2D pada sayatan A1-A2

Untuk pemodelan dari sayatan B1-B2 dengan arah bentangan dari sekitar arah barat laut sampai tenggara memiliki gambar hasil pemodelan batuan bawah permukaan seperti berikut ini.



Gambar 8. Hasil pemodelan sayatan B1-B2

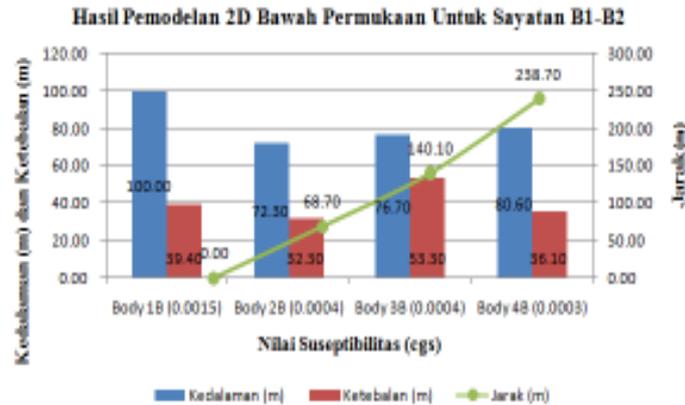
Hasil pemodelan perlapisan batuan di sayatan B1-B2 diduga tersusun atas tiga litologi batuan, yaitu batu pasir, lempung dan batu ultrabasa. Nilai suseptibilitas, kedalaman, ketebalan dan jarak pada ketiga batuan tersebut dapat dinyatakan pada tabel dan grafik seperti berikut ini.

Tabel 2. Hasil pemodelan sayatan B1-B2

Body sayatan	k (cgs)	$d \pm$ (m) (Kedalaman)	$h \pm$ (m) (Ketrbalan)	$r \pm$ (m) (Jarak)	Litologi
4A	0,0003	17,2-80,6	36,1	135,2-238,7	Batu pasir
3A	0,0004	18,2-76,7	53,3	68,9-104,1	Batu gamping
2A	0,0004	26,9-72,3	32,3	1,6-68,7	Lempung
1A	0,0015	28,0-100,0	39,4	1,5-243,0	Batu ultrabasa

Berdasarkan hasil pemodelan dari sayatan A1-A2, sayatan B1-B2, pengamatan dilapangan serta informasi geologi yang ada maka ada dugaan bahwa litologi batuan menjadi susunan pada perlapisan batuan bawah permukaan di area penelitian sebanyak empat jenis batuan, yaitu batu pasir, lempung, batu gamping dan batu ultrabasa.

Batu pasir memiliki rentang nilai suseptibilitas sekitar 0,0002-0,0003 cgs sedangkan lempung memiliki nilai suseptibilitasnya sekitar 0,0004 cgs. Selanjutnya, batu gamping memiliki nilai suseptibilitas sekitar 0,0007 cgs dan sekitar 0,0011-0,0015 untuk batu ultrabasa.



Gambar 9. Grafik hasil pemodelan 2D pada sayatan B1-B2

Keberadaan batuan-batuan tersebut tentunya memiliki arah sebaran yang berbeda antara batuan-batuan yang berada di sayatan A1-A2 dan sayatan B1-B2. Pada sayatan A1-A2, batu pasir dan lempung diduga tersebar sekitar arah utara dan utara barat laut sedangkan batu gamping diduga tersebar sekitar arah utara, utara barat laut, barat dan barat laut. Untuk batu ultrabasa diduga dapat ditemukan pada arah sebaran sekitar barat daya, barat, timur, selatan, utara, utara timur laut dan tenggara.

Pada sayatan B1-B2, batu pasir dan lempung diduga tersebar pada sekitar arah barat laut dan sebaran batu ultrabasa di sekitar arah utara, selatan, barat, barat laut, barat daya, selatan barat daya dan tenggara.

SIMPULAN

Pada penelitian ini, sebaran anomali magnetik untuk anomali rendah dapat ditemukan setempat-setempat, diantaranya pada arah sekitar barat laut, timur, tenggara dan barat, daya. Anomali sedang juga ditemukan diantaranya pada arah sekitar barat laut, utara, timur, tenggara dan barat daya. Untuk anomali tinggi tersebar hampir merata pada lokasi penelitian, namun dominasi sebarannya, diantaranya berada pada arah barat, barat-barat daya, timur tenggara dan selatan.

Sebaran batu pasir dan lempung pada lokasi penelitian diduga dapat dijumpai pada sekitar arah utara, utara barat laut dan barat laut. Sebaran batu gamping diduga sekitar arah utara, utara barat laut, barat dan barat laut. Untuk batu ultrabasa diduga memiliki sebaran hampir merata pada lokasi penelitian, mulai sekitar barat daya, barat, timur, selatan, utara, utara timur laut, tenggara, barat laut, dan selatan barat daya.

SARAN

Saran yang dapat diberikan pada penelitian adalah perlunya penambahan luas area penelitian dan penambahan titik ukur dalam pengambilan data magnetik serta perlunya penggunaan metode geofisika lainnya dalam pengambilan data sebagai bahan perbandingan terhadap hasil penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

1. Oktavia Erviana Kanyawan dan Zulfian. 2020. *Identifikasi Struktur Lapisan Bawah Permukaan Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis sebagai Informasi Awal Rancang Bangun Pondasi Bangunan*. Jurnal Prisma, ISSN: 2337-8204, Vol. 8, No.3, Desember 2020.
2. Febrian Dedi Sastrawan, Meidi Arisawadi, Rahmania Rahmania. 2020. *Identifikasi Lapisan Bawah Permukaan Berdasarkan Data Resistivitas 2 Dimensi*. Jurnal Sains Terapan, p-ISSN 2406-8810, e-ISSN 2477-5525, Vol. 6 No. 2, Oktober 2020.
3. Eldiani Arifya, Afdal. 2020. *Pemetaan Zona Potensi Emas Menggunakan Metode Geomagnet di Jorong Lubuak Sariak, Nagari Kajai, Pasaman Barat*. Jurnal Fisika Unand (JFU), p-ISSN: 2302-8491, e-ISSN: 2686-2433, Vol. 9, No. 4, Oktober 2020.
4. Fatimah, Audi Tri Lavanto, Beki Gunawan, Odhi Febriarto. 2017. *Analisis Potensi Panas Bumi Dengan Metode Geomagnetik di Daerah Gedong Songo Ungaran Jawa Tengah*. Jurnal Kurvatek, ISSN: 2477-7870, Vol.2 . No. 2, November 2017.

5. Siti Rusita, Simon Sadok Siregar dan Ibrahim Sota. *Identifikasi Sebaran Bijih Besi dengan Metode Geomagnet di Daerah Pemalangan Bajuin Tanah Laut*. Jurnal Fisika Flux, Vol. 13, No. 1, p-ISSN:1829-796X, e-ISSN: 2541-1713, Februari 2016.
6. Barita Uli Basa Mangatur Siahaan. 2009. *Penentuan Struktur pada Zona Hidrokarbon daerah "X" Menggunakan Metode Magnetik*. <https://adoc.pub/penentuan-struktur-pada-zona-hidrokarbon-daerah-x-menggunaka.html>. Diakses pada tanggal 10 Agustus 2019.
7. Telford, W.M., Geldart, L.P. dan Sheriff, R.E, 1990, *Applied Geophysics*, second edition, Cambridge University Press, London.
8. Joko Sampurno. 2011. *Pendugaan Potensi Biji Besi di Desa Bulik Kecamatan Nangabulik Kabupaten Lamandau Kalimantan Tengah Dengan Metode Geomagnet*. Jurnal Positron, p-ISSN: 2301-4970, e-ISSN: 2549-936X, Vol. 2, No. 1, Mei 2012. <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jpositron/article/view/2002>.

PEMETAAN DAERAH RAWAN LONGSOR DENGAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG) DAN PENGINDERAAN JAUH DI KABUPATEN SABU RAIJUA

Y. Radja, J. L. Tanesib, dan A. Warsito

*Prodi Fisika, Fakultas Sains Dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, jln. Adi Sucipto, Penfui, Kota
Kupang, 8511, Indonesia.*

Email: radjayeni2@gmail.com

Abstrak

Telah dilakukan pemetaan daerah rawan longsor di Kabupaten Sabu Raijua Provinsi Nusa Tenggara Timur dengan sistem informasi geografis (SIG) dan penginderaan jauh. Tujuan dari penelitian ini yaitu memetakan lokasi rawan longsor di Kabupaten Sabu Raijua ditinjau dari parameter-parameter penyebab longsor, mengklasifikasikan tingkat kerawanan longsor dari daerah paling rawan sampai daerah kurang rawan untuk mitigasi bencana longsor dan mengetahui potensi tingkat kerawanan longsor. Metode penelitian berupa pembuatan peta kemiringan lereng, peta curah hujan, peta tutupan lahan, dan peta jenis tanah. Kemudian keempat parameter tersebut dioverlay untuk mendapatkan peta rawan longsor berdasarkan tiga kelas yaitu tidak rawan (aman), rawan, sampai sangat rawan. Hasil penelitian menunjukkan potensi tingkat kerawanan longsor dengan kategori tidak rawan (aman) seluas 375,05 km², rawan seluas 80,31 km², dan sangat rawan seluas 2,86 km².

Kata kunci: *pemetaan, longsor, sistem informasi geografis (sig), penginderaan jauh*

Abstract

Mapping of landslide-prone areas in Sabu Raijua Regency, East Nusa Tenggara Province has been carried out with geographic information systems (GIS) and remote sensing. The purpose of this study is to map landslide-prone locations in Sabu Raijua Regency in terms of the parameters that cause landslides, classify the level of landslide susceptibility from the most vulnerable areas to less prone areas for landslide disaster mitigation and determine the potential level of landslide susceptibility. The research method consists of making slope maps, rainfall maps, land cover maps, and maps of soil types. Then the four parameters are overlaid to get a landslide hazard map based on three classes, namely not vulnerable (safe), vulnerable, to very vulnerable. The results showed the potential level of landslide susceptibility with the category of not vulnerable (safe) covering an area of 375,05 km², prone to an area of 80,31 km², and very vulnerable to an area of 2,86 km².

Keywords: *mapping, landslide, geographic information system (gis), remote sensing.*

PENDAHULUAN

Wilayah Indonesia terletak di garis khatulistiwa sehingga banyak menerima panas matahari dan curah hujan yang tinggi, oleh karena itu Indonesia menjadi rawan terhadap bencana alam hidrometeorologi seperti banjir, kekeringan, gelombang laut besar, dan sebagainya.

Menurut Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB, 2017) bahwa sepanjang tahun 2016 bencana di Indonesia 92 persennya merupakan bencana kategori hidrometeorologi, seperti banjir, longsor, dan sebagainya [1].

Pada tahun 2018 di Kabupaten Sabu Raijua, khususnya di Desa Raemude Kecamatan Sabu Barat, pernah terjadi bencana longsor yang mengakibatkan putusnya jalan penghubung antara Seba dan Liae. Akibat jalan yang putus arus transportasi dari Seba Ibukota Sabu Raijua ke Kecamatan Liae terganggu. Peristiwa ini juga mengancam beberapa pemukiman warga dan 1-unit bangunan gereja. Longsor ini terjadi akibat hujan deras yang mengguyur daerah tersebut [2].

Beberapa penelitian terdahulu diantaranya oleh Leng, dkk (2016) di Kabupaten Timor Tengah Utara dengan menggunakan aplikasi penginderaan jarak jauh dan sistem informasi geografis hasilnya menunjukkan bahwa penyebaran daerah rawan longsor terdiri dari tiga kelas kerawanan longsor yaitu

(1) kelas tidak rawan seluas 146284,74 ha (2) kelas rawan seluas 83546,1 ha (3) kelas sangat rawan seluas 2655 ha terbesar pada kecamatan Mutis dan Miomafo Barat, dengan metode yang sama menggunakan 3 parameter yaitu curah hujan, kemiringan lereng, dan penutupan lahan [3].

Menyikapi keadaan tersebut harus ada upaya mitigasi yang bertujuan untuk mencegah bahaya (resiko) yang berpotensi menjadi bencana atau mengurangi efek dari bencana ketika bencana tersebut sudah terjadi. Oleh sebab itu, perlu dilakukan pemetaan daerah rawan longsor dengan sistem informasi geografis karena terbukti mampu menyediakan informasi data geospasial pada setiap objek di permukaan bumi secara cepat, sekaligus menyediakan sistem analisa keruangan yang akurat.

Penelitian ini bertujuan untuk memetakan lokasi rawan longsor di Sabu Raijua ditinjau dari parameter-parameter penyebab longsor, mengklasifikasikan tingkat kerawanan longsor dari daerah paling rawan sampai daerah kurang rawan untuk mitigasi bencana longsor dan mengetahui potensi tingkat kerawanan longsor.

METODE PENELITIAN

Objek Penelitian

Penelitian ini dilakukan mulai bulan Februari 2021 sampai dengan Juli 2021, dengan objek penelitian di Kabupaten Sabu Raijua Provinsi Nusa Tenggara Timur.

Sumber Data

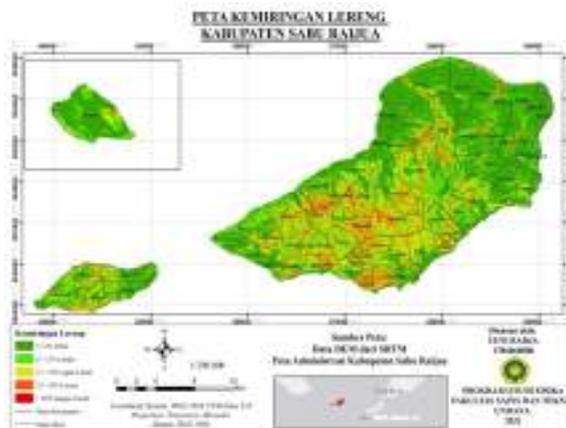
Penelitian ini menggunakan data sekunder, data yang digunakan yaitu: data curah hujan daerah penelitian tahun 2015-2019, diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), data *Digital Elevation Model* (DEM), diperoleh dari *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) data diunduh dari *United Stated Geological Survey* (USGS), citra landsat 8 data diperoleh dari *United Stated Geological Survey* (USGS), dan peta jenis tanah lokasi penelitian diperoleh dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Sabu Raijua, untuk melakukan verifikasi maka digunakan GPS.

Prosedur Penelitian

1. Pengumpulan data
2. Wawancara
3. Pengolahan data
 - a. Pembuatan peta kemiringan lereng
 - b. Pembuatan peta curah hujan
 - c. Pembuatan peta tutupan lahan
 - d. Pembuatan peta jenis tanah
 - e. Overlay peta
4. Interpretasi data

HASIL PENELITIAN

Peta kemiringan lereng Kabupaten Sabu Raijua diolah dengan data DEM dari hasil pengolahan SRTM. Selanjutnya dilakukan pemotongan dan klasifikasi sesuai dengan 5 kelas kemiringan lereng.

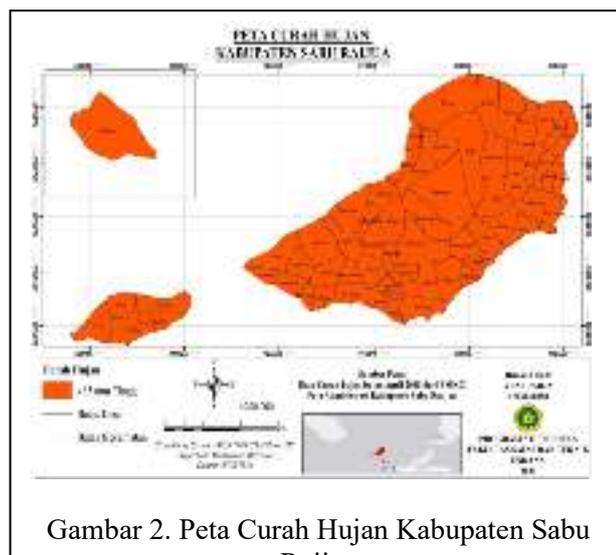


Gambar 1. Peta Kemiringan Lereng Kabupaten Sabu Raijua

Peta kemiringan lereng pada gambar 1, Kabupaten Sabu Raijua didominasi oleh kemiringan lereng yang datar berkisar 0-8% seluas 196,46 km², agak curam berkisar 15-25% seluas 112,5 km² dan tingkat kemiringan lereng yang mencapai 25-45% curam dengan luas 34,95 km² terdapat di desa Delo, Nadawawi, Raeloro, Raenyale, Raemude, Titinalede, Depe, Djadu, Wadumea, Ballu, Bollua, Kolorae. Lereng yang curam ini sangat berpotensi untuk terjadinya longsor.

Peta Curah Hujan

Peta curah hujan kabupaten Sabu Raijua diolah dari data BMKG Lasiana Kupang. Data yang diambil yaitu data curah hujan bulan Januari 2018, karena curah hujan paling tinggi sebesar 458 mm selama tahun 2018. Dari klasifikasi curah hujan bulanan, Sabu Raijua memiliki potensi dengan tingkat curah hujan yang tinggi, maka beberapa kecamatan di Sabu Raijua berpotensi untuk terjadinya longsor. Peta curah hujan tampak pada gambar peta 2.

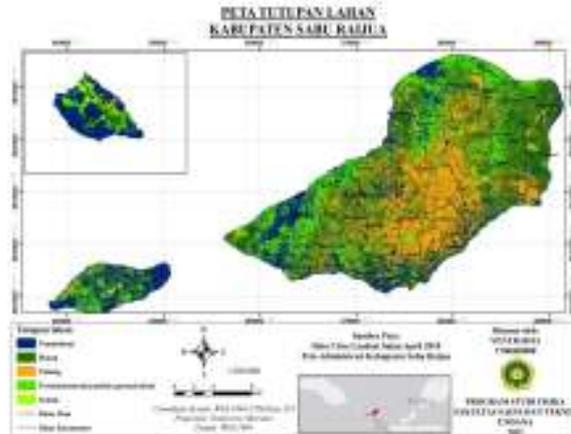


Gambar 2. Peta Curah Hujan Kabupaten Sabu Raijua

Peta Tutupan Lahan

Peta tutupan lahan Kabupaten Sabu Raijua diolah dari data citra landsat 8 bulan April tahun 2018. Tutupan lahan sangat bervariasi dan diklasifikasi ke dalam lima kelas tutupan lahan. Dalam melakukan klasifikasi digunakan *supervisit clasifikasification* dengan membuat *training sample* berdasarkan kelas

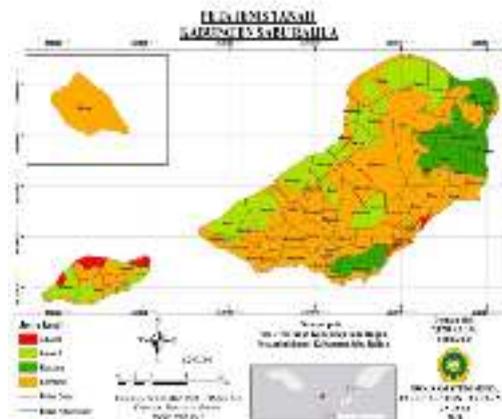
tutupan lahan. Metode *maksimum likelihood* digunakan untuk melakukan klasifikasi dari setiap piksel. Sedangkan kombinasi band yang digunakan yaitu band 4, 3, dan 2 dari data citra landsat.



Peta Gambar 3. Peta Tutupan Lahan Kabupaten Sabu Raijua menunjukkan tutupan lahan pada gambar 3, didominasi oleh pemukiman dengan luas 129,59 km² terdapat di desa Mebba, Desa Raeloro, Menia, Raemedia, Roboaba, Daieko, Molie, Lohohede, Wadumedi, Waduwella, Ledeunu, Kolorae, Bolua. Tutupan lahan hutan dengan luas 105,66 km² terdapat di desa Lederaga, Molie, Djadu, Ledekepaka, Djiuwuwu, Keliha, Kuji Ratu, Bodae, Keduru, Bolou. Tutupan lahan Padang dengan luas 112,67 km² terdapat di desa Delo, Nadawawi, Raemude, Lede Pemulu, Kotahawu, Deme, Ledeke, Loborui, Eilogo, Huwaga, Lobodei, Deme, Eideta Helapaji. Tutupan lahan pertanian (sawah, tambak garam, kebun) memiliki luas 85,58 km² terdapat di desa Raeloro, Depe, Raemedia, Roboaba, Eilode, Loboaju, Matei, Menia, Eilogo, Raedewa, Daieko, Ledeunu, Kolorae, Ballu, Eimau, Eilode. Dan tutupan lahan semak dengan luas 23.48 km² terdapat di desa Tada, Limagu, Nadawawi, Raenyale, Raemude, Kota Hawu, Bolua.

Peta Jenis Tanah

Terdapat beberapa jenis tanah di Kabupaten Sabu Raijua yaitu jenis tanah aluvial, renzina, latosol dan kambisol.



Gambar 4. Peta Jenis Tanah Kabupaten Sabu Raijua

Peta jenis tanah pada gambar 4 didominasi oleh jenis tanah kambisol dengan luas sekitar 276,32 km², latosol dengan luas 111,35 km², renzina dengan luas 61,66 km², dan alluvial dengan luas 7,53 km². Peta jenis tanah kemudian *dioverlay* dengan peta parameter longsor seperti peta kemiringan lereng, tutupan lahan dan peta curah hujan.

PEMBAHASAN

Analisis Peta Kerawanan Longsor

Peta rawan longsor Kabupaten Sabu Raijua diperoleh dari penggabungan empat peta parameter longsor dengan menggunakan metode *skoring* dan *overlay*. Berdasarkan hasil *overlay* dengan perkalian antar parameter yaitu peta kemiringan lereng, curah hujan, tutupan lahan, dan jenis tanah, maka diperoleh klasifikasi penentuan tingkat kerawanan longsor yang terdiri dari tidak rawan, rawan dan sangat rawan [4]. Kemudian dimodifikasi berdasarkan data lapangan.

Peta rawan longsor pada gambar 5 menunjukkan daerah dengan kategori tidak rawan longsor merupakan daerah yang jarang atau tidak berpotensi longsor. Pada kategori ini kemungkinan untuk terjadinya longsor kecuali terdapat topografi yang landai berkisar 0-8%, dengan tutupan lahan yang terdiri dari pemukiman, semak, dan pertanian (sawah, tambak garam, kebun). Lokasi ini terdapat di desa Raeloro, Mebba, Raemedia, Eilode, Bolou, Daieko, Waduwalla, Ledeuunu, dan kolorae dengan luas 375,05 km² dari luas keseluruhan Kabupaten Sabu Raijua.



Gambar 5. Peta Rawan Longsor Kabupaten Sabu Raijua

Daerah dengan kategori rawan longsor merupakan daerah yang cenderung untuk terjadinya longsor. Daerah ini berada pada kemiringan lereng agak curam berkisar 15-25%, dengan jenis tanah kambisol dan latosol, dan tutupan lahan semak, padang, hutan, pertanian (sawah, tambak garam, kebun). Lokasi dengan kategori ini terdapat di desa Delo, Nadawawi, Raenyale, Kota Hawu, Raemude, Loborui, Titinalede, Depe, Raenalulu, Teriwu, Gurumonearu, Wadumedi, Pedoro, dan Tanadjawa, dengan luas 80,31 km² dari luas keseluruhan Kabupaten Sabu Raijua.

Daerah dengan kategori sangat rawan dengan tingkat terjadi longsor yang tinggi, dan dipengaruhi oleh curah hujan yang tinggi, kemiringan lereng yang curam berkisar 25%-45%, dengan tutupan lahan hutan, padang, semak, dengan jenis tanah kambisol dan latosol yang memiliki daya serap air yang rendah, dan longsor yang dominan terjadi yaitu longsor rotasi dan rayapan tanah, longsor dengan kriteria ini juga banyak merusak infrastruktur jalan. Lokasi yang masuk dalam kategori ini yaitu desa Nadawawi, Titinalede, Depe, Djadu, Raenyale, raemude, dan Loborui dengan luas 2,86 km² dari luas seluruh wilayah Kabupaten Sabu Raijua.

SIMPULAN

Faktor utama kerawanan longsor di Sabu Raijua yaitu dipengaruhi oleh kemiringan lereng curam berkisar 15% sampai 25%. Tingkat kerawanan longsor terbagi dalam kelas tidak rawan di desa Daieko, Raeloro, Eilode, Kolorae, rawan di desa Delo, Nadawawi, Pedoro, Tanajawa, Kota Hawu, dan sangat

rawan di Titinaleda, Depe, Djadu, Raemude, dan Lobarui. Potensi rawan longsor dengan kategori tidak rawan (aman) seluas 375,05 km², rawan seluas 80,31 km², dan sangat rawan seluas 2,86 km².

SARAN

Untuk mendapatkan peta yang lebih akurat perlu adanya penambahan parameter lainnya seperti parameter geologi dan ketinggian kemudian perlu adanya penambahan metode lain dalam mengolah data.

DAFTAR PUSTAKA

1. Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). 2017. Data Kajian Bencana Alam 10 Tahun Terakhir. Jakarta: BNPB.
2. Badan Penanggulangan Bencana Daerah. 2018. Dokumen Kejadian bencana Longsor di Kabupaten Sabu Raijua. Sabu Raijua: BPBD.
3. Leng, M., Tanesib, L. J., Warsito, A. 2016. Pemetaan Daerah Rawan Longsor dengan Penginderaan Jarak Jauh dan Sistem Informasi Geografis di Kabupaten Timor Tengah Utara Provinsi Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Fisika*, Vol. 2, No.1, Hal. 1-49. ISSN: 25035274.
4. Wischmeier, W. H., and Smit, D. D. 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses-A Guide to Conservation Planning. U.S Department of Agriculture. Agriculture Handbook No. 537.

PEMODELAN TIGA DIMENSI (3D) BAWAH PERMUKAAN GUNUNG ANAK RANAKAH DENGAN ANOMALI GRAVITASI RESIDUAL

M. B. Duran, J. L. Tanesib, Bernandus

Program Studi Fisika, Fakultas Sains Dan Teknik, Universitas Nusa Cendana,

Jln. Adisucipto Penfui, kota Kupang, NTT, (85228), Indonesia

Email: corebimainaduran@gmail.com

Abstrak

Telah dilakukan penelitian geofisika dengan menggunakan metode gravitasi di gunung Anak Ranakah dan sekitarnya di kabupaten Manggarai, Nusa Tenggara Timur. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi geologi bawah permukaan daerah penelitian dengan menggunakan data anomali gravitasi udara bebas dari GGMplus dan ERTM2160. Data tersebut direduksi dengan koreksi atmosfer, koreksi bouguer sederhana, koreksi curvatur untuk menghasilkan nilai anomali bouguer lengkap. Setelah dilakukan koreksi selanjutnya dilakukan pemisahan anomali regional dan anomali residual. Selanjutnya dilakukan pemodelan 3D menggunakan pemodelan forward dan inverse dengan software Grablox dan Bloxer. Hasil penelitian menunjukkan kondisi geologi bawah permukaan gunung Anak Ranakah dan sekitarnya didominasi oleh batuan andesit dengan nilai densitas berkisar antara (2,50-2,75) gr/cm³, batuan lava berkisar antara (2,65-2,80) gr/cm³ dan batuan basalt berkisar antara (2,80-3,00) gr/cm³.

Kata kunci : *Gravitasi, pemodelan 3D, densitas, Gunung Anak Ranakah*

Abstract

Geophysical research has been carried out using the gravity method on Anak Ranakah mountain and is the surroundings in Manggarai Regency, East Nusa Tenggara. This study aims to determine the subsurface geological conditions of the research area using free air gravity anomaly data from GGMplus and ERTM2160. The data is reduced by atmospheric correction, simple bouguer correction, curvature correction to produce a complete bouguer anomaly. After correction, regional anomalies and residual anomalies are separated. Then 3-dimensional (3D) modeling is carried out using forward modeling and inversion modeling with Grablox and Bloxer software. The results of the study show that the subsurface geological conditions of Anak Ranakah mountain and is the surroundings are dominated by andesite with density values ranging from (2,50-2,75) gr/cm³, lava rocks ranging from (2,65-2,80) gr/cm³, and basalt rocks with ranging from (2,80-3,00) gr/cm³.

Keywords: *Gravity, 3D Modeling, Density, Anak Ranakah Mountain.*

PENDAHULUAN

Geofisika merupakan ilmu yang mempelajari tentang bumi dengan menggunakan parameter-parameter fisika. Salah satu metode geofisika adalah metode gravitasi. Metode gravitasi didasarkan pada adanya perbedaan kecil dari medan gravitasi yang disebabkan oleh adanya distribusi massa yang tidak merata di lapisan bumi yang menyebabkan bervariasinya distribusi massa jenis batuan. Dengan metode gravitasi dapat menggambarkan geologi di bawah permukaan bumi dengan jangkauan yang dalam. Gunung Anak Ranakah merupakan gunung aktif yang berada di kabupaten Manggarai, Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) dengan letak geografis 8°36'22" LS dan 120°32' 13" BT. Gunung api ini merupakan gunung api tipe strato dengan ketinggian 2247,5 m di atas permukaan laut[1].

Penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya oleh Tematur, dkk, (2018) dengan pemodelan 2D. Diketahui daerah tersebut didominasi oleh beberapa jenis batuan diantaranya adalah basalt dengan densitas 2.70 g/cm³ - 3.30 g/cm³, andesit dengan densitas 2.4 g/cm³ - 2.80 g/cm³, soil dengan densitas 1.2 g/cm³ - 2.4 g/cm³[3]. Penelitian ini dilakukan dengan pemodelan tiga dimensi (3D) menggunakan

software *Grablox* dan *Bloxer*. Pemodelan Gravitasi merupakan salah satu metode penafsiran data gravitasi untuk menggambarkan geologi bawah permukaan berdasarkan distribusi densitas batuan. Pemodelan 3D dianggap lebih realitis dibandingkan pemodelan 2D karena pemodelan 3D dibentuk menyerupai bentuk sebenarnya dan hasilnya lebih akurat. Namun pemodelan 3D memiliki kekurangan dalam proses perhitungan makan waktu lama. seiring perkembangan teknologi dengan bantuan komputer proses perhitungan dapat dilakukan dengan cepat [2].

METODE

Objek Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan objek penelitian gunung Anak Ranakah di Kabupaten Manggarai, NTT, dengan waktu penelitian dari bulan Juli sampai dengan Oktober 2021.

Sumber Data

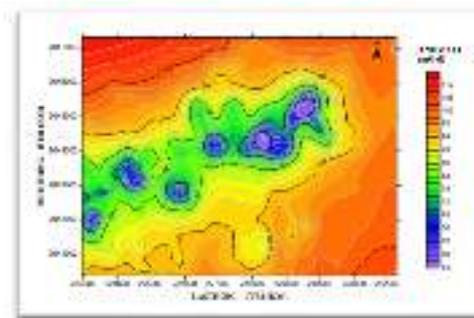
Data yang digunakan dalam penelitian adalah GGMplus dan ERTM2160. Data diambil dari <http://ddfe.curtin.edu.au/gravitymodels/GGMplus>. Data gravitasi ini merupakan data beresolusi tinggi yang terdistribusi dalam kotak-kotak ukuran $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ berisi 2.500 x 2.500 titik *grid*. Resolusi *grid* adalah $0,002^{\circ}$ (7,2 busur detik) atau setara dengan 200 m.

Tahap Pengolahan Data

Data yang telah diunduh, diekstrak menggunakan *software matlab*. Kemudian dilakukan koreksi medan gravitasi untuk mendapatkan nilai anomali bouguer lengkap, selanjutnya digrid untuk mendapatkan peta kontur anomali bouguer lengkap. selanjutnya dilakukan analisis spektrum, dengan menghitung nilai hasil digitasi peta kontur anomali bouguer lengkap. Hasil dari proses ini dapat mengetahui estimasi kedalaman dari anomali bouguer lengkap. Selanjutnya dilakukan pemisahan anomali regional dan residual pada *software surfer*. Tahap selanjutnya adalah interpretasi dengan pemodelan 3D bawah permukaan dengan *software grablox dan bloxer*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

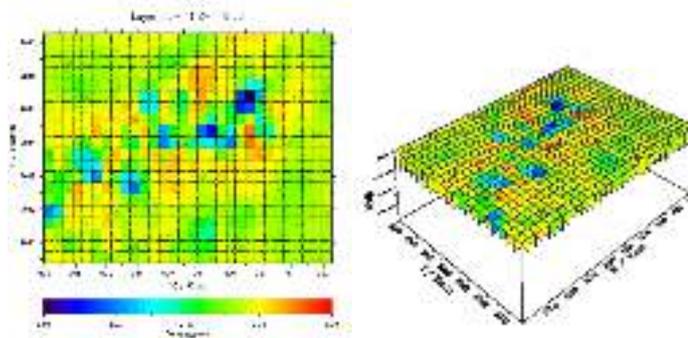
Peta kontur anomali bouguer lengkap pada gambar 1 merupakan gabungan seluruh hasil reduksi data gravitasi. Distribusi massa di bawah permukaan suatu daerah mempunyai nilai yang berbeda-beda karena adanya perbedaan densitas massa benda. Dari hasil perhitungan yang dilakukan, pola anomali berkisar antara 54 mGal sampai 110 mGal. Secara kualitatif pola kontur anomali bouguer lengkap dapat dikelompokkan dalam dari anomali rendah, anomali sedang dan anomali tinggi. nilai anomali rendah berkisar antara 54 mGal - 66 mGal, anomali sedang berkisar antara 70 mGal – 90 mGal, dan anomali tinggi berkisar antara 94 mGal - 110 mGal.



Gambar 1. Peta kontur anomali bouguer lengkap

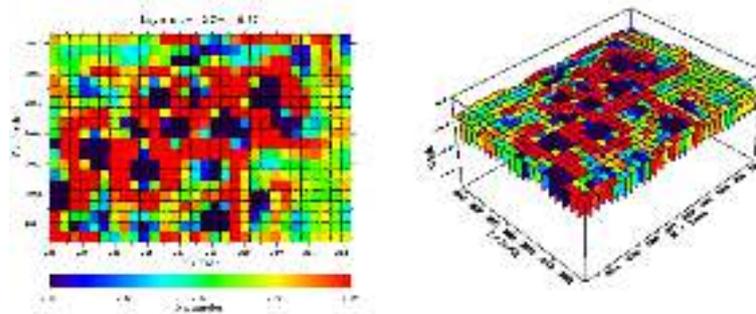
Interpretasi Geologi Batuan

Interpretasi geologi batuan dilakukan dari lapisan pertama sampai lapisan kelima secara berurutan. Model blok pada lapisan pertama pada kedalaman 0 km - 0,37 km, dengan densitas berkisar dari (2,00 – 2,65) gram/cm³ diduga sebagai batuan pasir, batuan dasit, batuan granit dan batuan andesit. Batuan dengan densitas berkisar dari (2,7– 2,85) gram/cm³ diduga sebagai batuan andesit dan batuan granit yang tersebar merata di seluruh perlapisan ini (gambar 2).



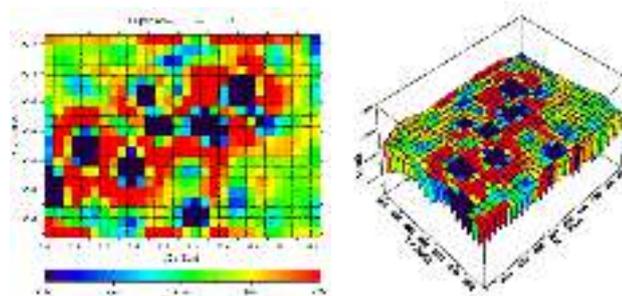
Gambar 2. Model 2D dan 3D lapisan pertama

Model blok lapisan kedua pada kedalaman 0,37 km - 0,74 km, dengan densitas berkisar antara (2,00–2,65) gram/cm³ yang diduga terdiri dari batuan pasir, batuan granit, batuan dasit, batuan andesit, batuan basalt dan batuan lava. Batuan dengan densitas berkisar antara (2,70-3,00) gram/cm³ diduga terdiri dari batuan granit, batuan andesit, batuan basalt, batuan lava.(gambar 3).



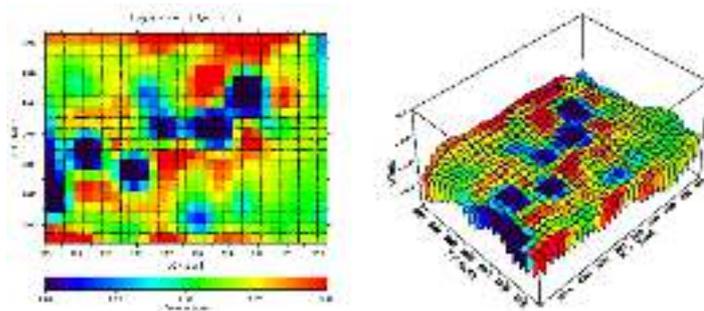
Gambar 3. Model 2D dan 3D lapisan 2

Model blok pada lapisan ketiga dengan kedalaman dari 0,74 km - 1,13 km, tersusun atas beberapa jenis batuan yaitu batuan pasir, batuan granit, batuan dasit, batuan andesit, batuan basalt dan batuan lava dengan densitas berkisar antara (2,00-2,65) gram/cm³. Batuan dengan nilai densitas berkisar antara (2,70- 2,65) gram/cm³ diduga sebagai batuan granit, batuan andesit, batuan basalt dan batuan lava (gambar 4).



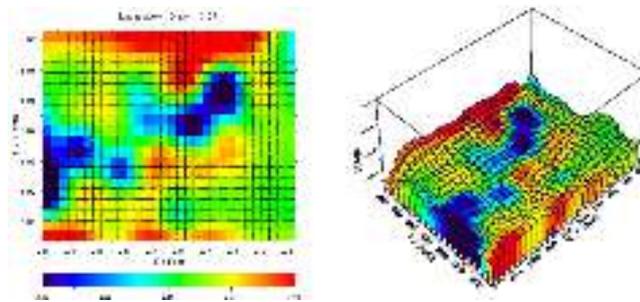
Gambar 4. Model 2D dan 3D lapisan 3

Model blok lapisan keempat pada kedalaman dari 1,13 km - 1,54 km, tersusun beberapa jenis batuan yaitu batuan granit, batuan andesit, batuan diorit, batuan basalt dan batuan lava dengan densitas berkisar antara (2,00–2,70) gram/cm³. Batuan dengan densitas berkisar antara (2,75–3,00) gram/cm³ diduga sebagai batuan granit batuan andesit, batuan diorit, batuan basalt dan batuan lava. (gambar 5).



Gambar 5. Model 2D dan 3D lapisan 4

Model blok lapisan kelima pada kedalaman 1,54 km, dengan densitas berkisar antara (2,00–2,75) gram/cm³ diduga sebagai batuan granit, batuan andesit batuan diorit, batuan basalt dan batuan lava. Batuan nilai densitas batuan berkisar antara (2,80–3,00) gram/cm³ diduga sebagai batuan granit, batuan andesit, batuan diorit, batuan basalt dan batuan lava (gambar 6).



Gambar 6. Model 2D dan 3D lapisan 5

Kesimpulan

Nilai anomali gravitasi gunung Anak Ranakah rendah pada area gunung dan nilai anomali tinggi tersebar merata pada setiap daerah di sekitar gunung Anak Ranakah. Gunung Anak Ranakah didominasi oleh batuan granit dengan nilai densitas antara (2,50-2,81)gr/cm³, batuan andesit dengan nilai densitas berkisar antara (2,4-2,8) gr/cm³, batuan basalt dengan nilai densitas berkisar antara (2,70-3,00) gr/cm³ dan batuan lava dengan nilai densitas berkisar antara (2,80-3,00)gr/cm³.

Saran

Dibutuhkan penelitian lanjutan dengan menggunakan metode geofisika lainnya sehingga memperoleh hasil yang lebih akurat.

Daftar Pustaka

1. Badan Geologi Indonesia. 2004. *Data Dasar Gunung Api Indonesia*. Bandung. Jawa Barat. (<https://vsi.esdm.go.id/index.php/gunungapi/data-dasar-gunungapi/> Diakses pada tanggal 7 Januari 2021).
2. Rohi, W. 1991. *Gunung Anak Ranakah*. Berita Berkala Vulkanologi- Edisi Khusus. Direktorat Vulkanologi, No. 178.
3. Tematur, G., Jehunias, L, Tanesib., Redi, K, Pingak. 2018. *Interpretasi Bawah Permukaan Gunung Anak Ranakah Dengan Pemodelan Dua Dimensi(2D) Berdasarkan Data Anomali Gravitasi*. Jurnal Fisika: fisikadan Sains dan Aplikasinya .3(1).

IDENTIFIKASI LAPISAN BATUAN BAWAH PERMUKAAN PADA DAERAH OETULU KABUPATEN TIMOR TENGAH UTARA MENGUNAKAN METODE GEOMAGNET

Valentina Leltakaeb, Hadi Imam Sutaji, Bernandus,

Fisika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Jl. Adisicipto Penfui Kupang NTT

E-mail: valentinaleltakaeb@gmail.com

Abstrak

Penelitian dengan metode geomagnet ini dilaksanakan pada daerah Oetulu Kabupaten Timor Tengah Utara yang bertujuan untuk mengetahui lapisan batuan bawah permukaan dan arah sebarannya. Data pada penelitian ini berupa anomali magnetik yang meliputi medan magnet total dan variasi harian, dimana keduanya diperoleh melalui Proton Precession Magnetometer (PPM) tipe GSM-19T. Hasil interpretasi kualitatif terhadap data memperlihatkan adanya anomali magnetik rendah, sedang dan tinggi pada daerah penelitian. Sementara, interpretasi kuantitatifnya memberikan dugaan bahwa lapisan batuan bawah permukaannya tersusun atas batu ultrabasa, batu gamping, batu pasir dan lempung. Batu ultrabasa memiliki sebaran setempat-setempat dengan dominasi di sekitar arah utara, tenggara, timur laut dan timur-timur laut. Untuk batu gamping tersebar merata dengan dominasi pada sekitar arah timur, timur laut, barat laut, barat, barat daya, selatan dan timur tenggara. Selanjutnya, batu pasir dan lempung tersebar secara setempat-tempat di sekitar arah timur tenggara dan barat daya atau sekitar tengah lokasi penelitian

Kata kunci: *Metode geomagnet; anomali magnetik; lapisan batuan; bawah permukaan*

Abstract

This research using the geomagnetic method was carried out in the Oetulu area, North Central Timor Regency which aims to determine the subsurface rock layers and the direction of their distribution. The data in this study is a magnetic anomaly which includes a total magnetic field and daily variations, both of which are obtained through a GSM-19T Proton Precession Magnetometer (PPM). The results of the qualitative interpretation of the data show that there are low, medium and high magnetic anomalies in the study area. Meanwhile, the quantitative interpretation suggests that the subsurface rock layers are composed of ultramafic rocks, limestones, sandstones and clays. Ultramafic rocks have a local-local distribution with dominance around the north, southeast, northeast and east-northeast directions. Limestone is evenly distributed with dominance in the east, northeast, northwest, west, southwest, south and southeast directions. Furthermore, sandstone and clay are scattered locally around the east, southeast and southwest directions or around the center of the study site

Keywords: *Geomagnetic method; magnetic anomaly; rock layers; subsurface*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Keadaan geologi Pulau Timor yang rumit sebagai akibat adanya aktivitas lempeng memberikan dampak pada variasi litologi di setiap daerah, baik di permukaan maupun di bawah permukaan. Variasi litologi ini tentunya turut serta memberikan dampak positif maupun negatif pada daerah tersebut. Adapun dampak positif tersebut, diantaranya berupa adanya potensi berbagai sumber mineral dan batuan bernilai tinggi sedangkan dampak negatifnya, diantaranya berupa keberadaan perlapisan batuan yang tidak stabil sehingga mudah mengalami pergerakan atau pergeseran ketika gempa ataupun mudah mengalami longsor.

Secara geologi Pulau Timor memiliki enam satuan batuan, yaitu: (1) Breksi batu pasir (Si), (2) Batu Gamping, (3) Andesit (A), (4) Batuan Vulkanik Kuartir Tua (S3), (5) Batuan Vulkanik Kuartir Muda (S4), (6) Aluerial (S5) [1]. Keenam satuan batuan tersebut berada pada stratigrafi dengan berbagai formasi batuan, seperti formasi maubisse, formasi haulasi, kompleks bobonaro, formasi mutis, formasi metan, formasi noni, foemasi noele, formasi noil toko, formasi aitutu, formasi dan sebagainya yang tersebar mulai dari Kota Kupang sampai ke Kabupaten Timor Tengah Utara (TTU).

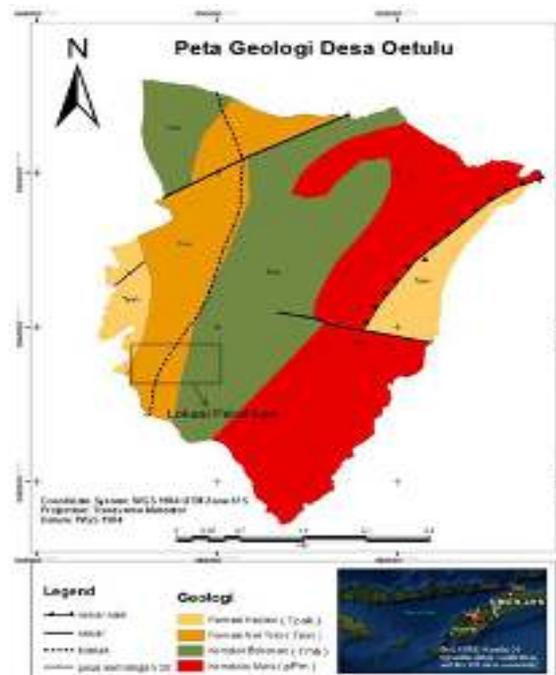
Untuk daerah Kabupaten Timor Tengah Utara (TTU), stratigrafinya batuan diantaranya berupa formasi Noele, Formasi Noni, Formasi maubisse, Formasi haulasi, formasi mutis, formasi noil toko,

formasi manamas dan kompleks bobonaro. Khususnya pada daerah Oetulu yang berada di Kecamatan Musi diduga memiliki empat formasi batuan, yaitu formasi/kompleks mutis, formasi haulasi, formasi noil toko atau noeltoko dan kompleks bobonaro sedangkan di area Sungai Noenoni dan sekitarnya tersusun atas formasi haulasi, formasi noeltoko dan kompleks bobonaro. Sementara untuk batuanya, diantaranya meliputi batu pasir, batu gamping, lempung, kerikil, kerakal, bongkah-bongkah batu asing, konglomerat dan batu rijang.

Keberadaan jenis batuan tersebut pada berbagai formasi yang ada tentunya penting diketahui, baik pada permukaan maupun bawah permukaan. Untuk batuan di permukaan dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan bangunan dan jalan. Berbeda dengan batuan di permukaan, batuan yang di bawah permukaan selain dapat dimanfaatkan untuk hal tersebut juga dapat digunakan untuk beberapa hal lainnya, seperti petunjuk awal tempat pendirian pondasi suatu bangunan, tempat keberadaan akuifer dan tempat keberadaan mineral logam atau non logam yang dinyatakan dalam bentuk perlapisannya. Perlapisan batuan bawah permukaan, dapat diidentifikasi dan dikaji lebih lanjut dengan metode geofisika. Ada beberapa metode geofisika yang dapat digunakan untuk menggambarkan perlapisan batuan tersebut, seperti metode geolistrik, metode gravitasi dan metode geomagnet [2]. Khusus untuk metode geomagnet yang memanfaatkan sifat kemagnetan bumi didasarkan pada variasi distribusi benda termagnetisasi di bawah permukaan sehingga menghasilkan nilai suseptibilitas magnetik untuk batuan tersebut. Nilai suseptibilitas inilah yang dijadikan dasar untuk menggambarkan kondisi batuan atau perlapisan batuan batuan bawah permukaan, baik arah sebaran batuan maupun kedalamannya [3].

Geologi Lokasi Penelitian

Kadaan geologi di daerah Oetulu, tepatnya area Sungai Noenoni dan sekitarnya memiliki susunan yang terdiri atas formasi haulasi, formasi noeltoko dan kompleks bobonaro. Untuk formasi haulasi (Tpah) memiliki jenis batuan diantaranya adalah konglomerat, serpih tufaan dan batupasir sedangkan batuan pada formasi noeltoko (Tmn), diantaranya berupa batugamping konglomeratan, serpih, sekis dan rijang. Sementara pada kompleks bobonaro dapat dijumpai batuan, diantaranya berupa lempung, batupasir, batugamping, rijang dan batu ultrabasa.



Gambar 1. Peta geologi lokasi penelitian

Rencana pemecahan masalah

Untuk rencana dari pemecahan masalah yang ada, maka diawali melalui pengambilan data menggunakan metode geomagnet. Selanjutnya data magnetik tersebut dikoreksi melalui koreksi variasi harian dan koreksi IGRF serta dikontinuasi ke atas untuk mendapatkan sebaran anomali magnetiknya.

Setelah sebaran anomali magnetiknya diketahui, maka diberilah sayatan pada sebaran anomali tersebut untuk mendapatkan hasil pemodelan yang dapat menggambarkan keadaan sebaran batuan bawah permukaan melalui nilai suseptibilitasnya.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sebaran anomali magnetik dan sebaran batuan bawah permukaan di area Sungai Noenoni dan sekitarnya yang berada di Daerah Oetulu, Kecamatan Musi, Kabupaten Timor Tengah Utara.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi tempat penelitian ini dilaksanakan berada di daerah Oetulu, yaitu pada area Sungai Noenoni dan sekitarnya. Daerah ini masih termasuk Kecamatan Musi pada Kabupaten Timor Tengah Utara.

Prosedur dan akuisisi data

Pelaksanaan survei lokasi bertujuan untuk menentukan titik ukur dan lintasan tempat akuisisi data. Untuk akuisisi data dilakukan dengan metode looping yang menghasilkan data berupa nilai magnetik total bumi dan variasi harian.

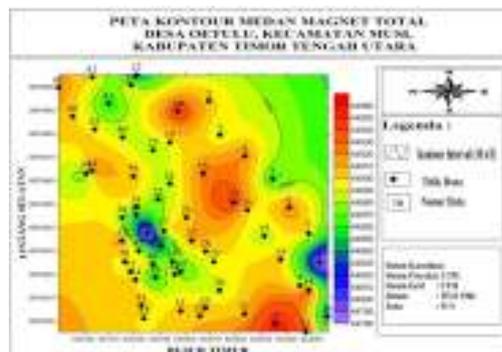
Teknik Pengolahan Data

Pengolahan data hasil akuisisi, dimulai dari tahapan koreksi variasi harian dan koreksi IGRF. Hasil koreksi ini menghasilkan anomali medan magnetik, dimana hasil ini kemudian dikontinuasi ke atas dan diberi sayatan sehingga diperoleh pemodelan yang mewakili keadaan perlapisan batuan bawah permukaan melalui nilai suseptibilitasnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN

Hasil Penelitian

Akuisisi data dilakukan dengan menggunakan *Proton Precession Magnetometer* (PPM) tipe GSM-19T pada 60 titik ukur yang berada pada lima lintasan. Nilai medan magnetik total yang diperoleh berada direntang nilai 44779.944 nT sampai 44958.870 nT. Berikut ini adalah peta sebaran titik ukur dan medan magnetik totalnya.



Gambar 3. Peta kontur medan magnet total beserta sebaran titik ukur

Nilai anomali magnetik yang diperoleh, selanjutnya dikoreksi melalui koreksi variasi harian dan koreksi IGRF dan hasil koreksi tersebut terlihat pada gambar berikut ini.

Pembahasan Penelitian

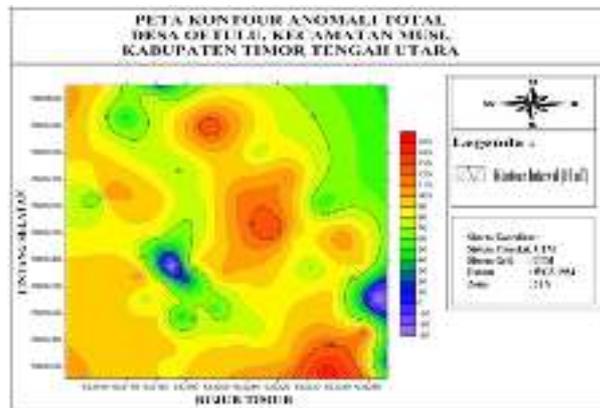
Interpretasi kualitatif

Pada kontur anomali magnetik hasil kontinuasi memiliki rentang nilai sekitar -20 nT sampai 160 nT yang dibagi menjadi dua pola anomali, yaitu anomali rendah dan anomali tinggi.

Pola anomali rendah bernilai sekitar -20 nT sampai 100 nT dapat ditemukan, hampir merata pada lokasi penelitian diantaranya berada di bagian tengah lokasi, arah timur, timur laut, timur tenggara dan

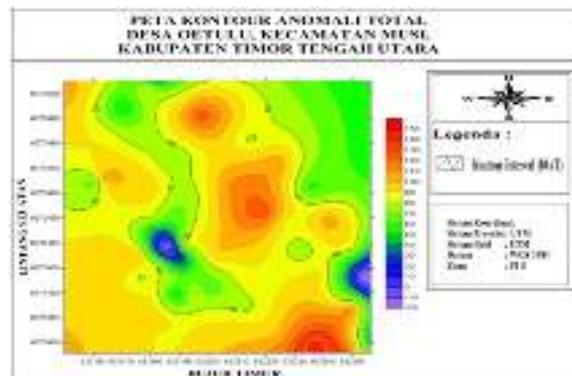
barat, barat daya serta selatan. Sementara, anomali tinggi yang keberadaannya bersifat dominasi, diantaranya berada di arah utara, tenggara dan timur laut dengan nilai sekitar 100 nT sampai 160 nT.

Jika informasi geologi pada gambar 2.1 dihubungkan dengan nilai anomali tersebut maka ada dugaan bahwa nilai anomali rendah berupa batu pasir dan lempung sedangkan anomali tinggi diduga berupa batu gamping dan batu ultrabasa.



Gambar 4. Peta kontur anomali magnetik hasil koreksi pada lokasi penelitian

Selanjutnya, nilai anomali magnetik yang telah dikoreksi dan terlihat pada peta di gambar 3 dikontinuasi ke atas sehingga anomali lokalnya hilang. Kontinuasi dilakukan pada ketinggian 20 m dan memperoleh peta seperti berikut ini

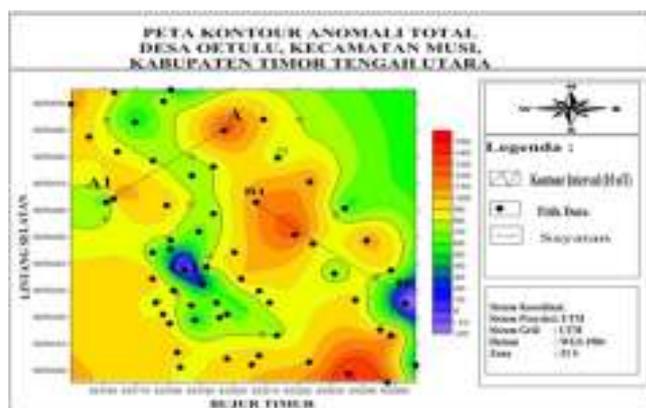


Gambar 5. Peta anomali magnetik hasil kontinuasi ke atas

Interpretasi kuantitatif

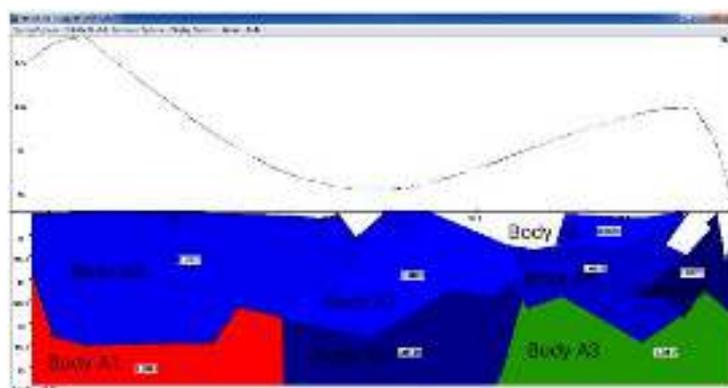
Intepretasi kuantitatif dilakukan terhadap hasil pemodelan 2D dari sayatan yang diberikan seperti terlihat di gambar 5. Input data yang digunakan pada pemodelan tersebut berupa nilai suseptibilitas, inklinasi -34,1490, deklinasi 1,3852 dan kedalaman 100 m serta IGRF yaitu 44811,2 nT.

Pada penelitian ini, jumlah sayatan yang diberikan sebanyak dua buah, yaitu sayatan A-A1 dan sayatan B-B1. Sayatan A-A1 terbentang dari arah timur laut sampai barat-barat daya dan sayatan B-B1 memiliki bentangan dari arah timur tenggara sampai barat-barat laut.



Gambar 6. Peta sayatan magnetik yang dimodelkan

Hasil pemodelan pada sayatan A-A1 memperlihatkan perlapisan batuan seperti yang digambarkan berikut ini.



Gambar 7. Hasil pemodelan sayatan A-A1

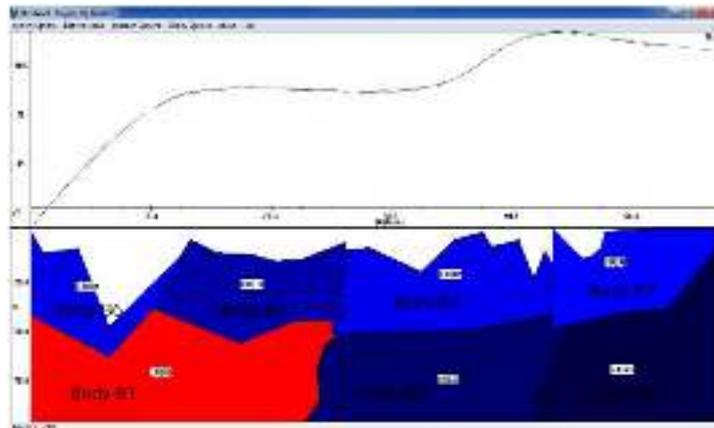
Perlapisan batuan pada hasil pemodelan sayatan A-A1 diduga tersusun atas empat jenis batuan, yaitu batu ultrabasa, batu gamping, lempung dan batu pasir.

Untuk nilai suseptibilitas, kedalaman, ketebalan dan jaraknya dituliskan seperti pada tabel berikut ini.

Tabel 1. Hasil pemodelan sayatan A-A1

Body Sayatan	K (cgs)	$d \pm$ (m) (kedalaman)	$h \pm$ (m) (ketebalan)	$r \pm$ (m) (jarak)	Litologi
8A	0.000023	0,07-22,60	22,50	35,50-44,10	Batu pasir
7A	0.000001	0,00-72,10	72,10	16,40-33,40	Batu pasir
6A	0.002416	1,30-60,50	59,30	41,30-50,80	Batu gamping
5A	0.000841	0,00-74,60	74,30	30,30-44,70	Batu pasir
4A	0.000271	0,20-76,40	74,20	0,10-23,90	Batu pasir
3A	0.004799	13,90-132,30	118,50	29,70-52,20	Batu ultrabasa
2A	0.001993	15,50-13-,40	114,92	17,00-36,20	Lempung
1A	0.008606	61,31-118,90	57,59	0,11-17,50	Batu ultrabasa

Pada pemodelan sayatan B-B1 yang memiliki arah bentangan dari timur tenggara sampai barat-barat laut memiliki gambar hasil pemodelan seperti berikut ini.



Gambar 8. Hasil pemodelan sayatan B-B1

Untuk perlapisan batuan pada sayatan B-B1 tersebut menurut hasil pemodelan diduga memiliki susunan yang terdiri dari empat jenis batuan yang meliputi batu ultrabasa, batu gamping, lempung dan batu pasir.

Nilai suseptibilitas, kedalaman, ketebalan dan jarak keempat batuan tersebut dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 2. Hasil pemodelan sayatan B-B1

Body Sayatan	K (cgs)	$d \pm$ (m) (kedalaman)	$h \pm$ (m) (ketebalan)	$r \pm$ (m) (jarak)	Litologi
7A	0.000069	0,10-51,00	50,90	43,50-57,60	Batu pasir
6A	0.000457	10,31-65,70	55,39	0,19-12,60	Batu pasir
5A	0.001423	5,60-58,90	53,00	9,70-26,40	Lempung
4A	0.000404	2,00-53,90	51,80	24,10-45,90	Batu pasir
3A	0.002941	7,00-109,60	102,20	41,80-59,70	Batu Gamping
2A	0.002391	13,10-111,00	98,00	23,00-47,30	Batu Gamping
1A	0.008050	34,90-109,30	74,00	0,10-28,70	Batu ultrabasa

Menurut nilai suseptibilitas dari hasil pemodelan sayatan A-A1 dan sayatan B-B1 serta informasi geologi yang ada maka pada area kedua sayatan memiliki perlapisan batuan yang tersusun atas batuan yang sama, yaitu batu pasir, lempung, batu gamping dan batu ultrabasa.

Batu pasir memiliki rentang nilai suseptibilitas sekitar 0,000001-0,000841 sedangkan lempung nilai suseptibilitasnya sekitar 0,001161-0,001993. Sementara untuk nilai suseptibilitas batu gamping sekitar 0,002391-0,002941 dan sekitar 0,004020-0,008606 untuk batu ultrabasa.

Untuk sebaran batuanya, pada sayatan A-A1, batu pasir tersebar merata di sepanjang lintasan mulai sekitar arah timur laut sampai barat laut dan sebaran lempung di sekitar arah barat laut. Untuk sebaran batu gamping berada di sekitar arah barat-barat daya dan batu ultrabasa sekitar arah timur laut dan barat-barat daya.

Berbeda dengan sayatan A-A1, sebaran batuan di sayatan B-B1 dapat dijumpai di sekitar arah timur tenggara, barat-barat laut dan timur pada batu pasir serta sekitar arah timur tenggara untuk lempung. Sementara, batu gamping memiliki arah sebaran sekitar arah timur dan barat-barat laut dan sebaran batu ultrabasa sekitar arah timur tenggara.

SIMPULAN

Simpulan yang dapat diambil dari penelitian yang telah dilaksanakan yaitu:

Sebaran anomali magnetik untuk anomali rendah dapat ditemukan hampir merata pada lokasi penelitian diantaranya pada bagian tengah lokasi, arah timur, timur laut, timur tenggara dan barat, barat daya serta selatan. Untuk anomali tinggi, keberadaannya sebarannya yang bersifat dominasi, diantaranya berada di arah utara, tenggara dan timur laut.

Sebaran batu pasir dan lempung pada lokasi penelitian dapat dijumpai pada sekitar arah timur, timur laut, timur tenggara, barat laut dan barat-barat laut. Untuk batu gamping dan batu ultrabasa memiliki sebaran sekitar arah timur, timur laut, timur tenggara, barat-barat laut dan barat-barat daya.

SARAN

Pada penelitian ini, saran yang dapat diberikan antara lain:

Untuk penelitian lebih lanjut di lokasi penelitian diharapkan menambah luasan area dan titik ukur. Variasi metode geofisika dalam pengambilan data, perlu dipertimbangkan untuk digunakan sebagai bahan perbandingan terhadap hasil penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

1. Adrianus Amheka, Nonce Farida Tuati dan Yusuf Rumbino. 2019. *Kajian Lingkungan Potensi dan Manfaat Batu Karang Pulau Timor Propinsi Nusa Tenggara Timur*. Jurnal Ilmiah Teknologi FST Undana :13(1).
2. Eldiani Arifya, Afdal. 2020. *Pemetaan Zona Potensi Emas Menggunakan Metode Geomagnet di Jorong Lubuak Sariak, Nagari Kajai, Pasaman Barat*. Jurnal Fisika Unand (JFU):9(4).
3. Siti Rusita, Simon Sadok Siregar dan Ibrahim Sota. *Identifikasi Sebaran Bijih Besi dengan Metode Geomagnet di Daerah Pemalongan Bajuin Tanah Laut*. Jurnal Fisika Flux,:13(1).
4. Djauhari, Noor. 2012. *Pengantar Geologi Edisi Kedua*. Fakultas Teknik Universitas Pakuan: Bogor
5. Nandi, 2010. *Batuan, Mineral dan Batubara*. Universitas Pendidikan Indonesia: Fakultas Pendidikan Ilmu Pengetahuan Sosial: Jurusan Geografi.
6. Barita Uli Basa Mangatur Siahaan. 2009. *Penentuan Struktur pada Zona Hidrokarbon daerah "X" Menggunakan Metode Magnetik*. <https://adoc.pub/penentuan-struktur-pada-zona-hidrokarbon-daerah-x-menggunakan-metode-magnetik.html>. Diakses pada tanggal 10 Agustus 2019
7. Aufi Maslihah Umamii, Tony Yulianto dan Dadan Dani Wardhana. 2017. *Aplikasi metode magnetik untuk identifikasi sebaran bijih besi di Kabupaten Solok Sumatera Barat*. Youngster Physics Journal:6(4).
8. Joko Sampurno. 2011. *Pendugaan Potensi Biji Besi di Desa Bulik Kecamatan Nangabulik Kabupaten Lamandau Kalimantan Tengah Dengan Metode Geomagnet*. Jurnal Positron :2(1)

PEMETAAN WILAYAH LAHAN KERING MENGGUNAKAN PENGINDERAAN JAUH DI KOTA KUPANG

Tio G. N. Mooy, Frederika R. Ngana, Albert Z. Johannes dan Jehunias L. Tanesib

Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Jl. Adi Sucipto-

Penfui, Kota Kupang, Nusa Tenggara Timur. Kode Pos 85148, Indonesia

E-mail: tiomooy.tm@gmail.com

Abstrak

Lahan kering merupakan sumber daya yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan, baik untuk tanaman pertanian, hortikultura, perkebunan maupun peternakan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui lokasi lahan kering dengan bantuan data penginderaan jauh dan menghitung luas lahan kering di Kota Kupang. Penelitian ini menggunakan citra satelit Landsat 8 yang diklasifikasikan dengan metode Support Vector Machine (SVM) untuk memetakan wilayah lahan kering. Dua metode dari band komposit yang berbeda digunakan untuk mengklasifikasikan tutupan lahan. Tutupan lahan kering di Kota Kupang terdiri dari lahan tegal/kebun, ladang/huma, perkebunan, ditanami pohon/hutan rakyat, padang penggembalaan, hutan, sementara tidak diusahakan, dan lain-lain. Hasil pemetaan menunjukkan bahwa Kota Kupang memiliki potensi wilayah lahan kering berdasarkan hasil klasifikasi metode 1 (false color composite band 7,5,3) adalah 7.727,76 ha dan metode 2 (color infrared band 5,4,3) memiliki luas 7.74,91 ha. Hasil pemetaan menunjukkan bahwa penginderaan jauh dapat digunakan untuk memetakan potensi wilayah lahan kering yang ada di Kota Kupang.

Kata kunci: lahan kering, penginderaan jauh, landsat 8, support vector machine (SVM).

Abstract

Dryland is a resource that has great potential for agriculture development, both for crops, horticulture, plantations, and livestock. This study aims to map and calculate the area of dryland in Kupang City using remote sensing. This study uses Landsat 8 satellite imagery for mapping the dryland using the Support Vector Machine (SVM) method. Two methods of two different band composites were used to classify the landcover maps. The landcover maps were divided into dry fields/gardens, farms/Huma, plantations, planted trees/people's forest, pastures, state forests, while not being cultivated, and others. The result shows that Kupang city has the potential dryland based on the classification results of method 1 (false-color composite bands 7.5.3) is 7,727.76 ha, and the classification result of method 2 (color infrared bands 5.4.3) is 7,74.91 ha. These results show that remote sensing can be used to map the potential dryland in Kupang city.

Keywords: dry land, remote sensing, landsat 8, Support Vector Machine (SVM)

PENDAHULUAN

Pemanfaatan citra satelit multispektral untuk pemetaan pada suatu wilayah sudah sering dilakukan. Bentuk pemanfaatan yang digunakan salah satunya ialah untuk pemetaan wilayah lahan kering. Jenis citra multispektral yang umum digunakan adalah landsat [1]. Lahan kering didefinisikan sebagai suatu hamparan lahan yang tidak pernah digenangi atau tergenang air pada sebagian besar waktu dalam setahun [2]. Potensi lahan kering di Indonesia adalah sebesar 148 juta ha [3]. Sedangkan luas lahan kering di wilayah Provinsi Nusa Tenggara Timur sebesar 3.852.726 ha [4] yang tersebar di beberapa kabupaten dan kota. Kota Kupang memiliki luas wilayah lahan kering yang terkecil sebesar 7284 ha [4].

Penggunaan teknik interpretasi citra dengan memanfaatkan citra Landsat sebagai sumber data untuk mendapatkan data-data lapangan lebih efektif bila dibandingkan dengan cara terestrial. Waktu dan tenaga yang dibutuhkan relatif lebih sedikit, karena citra tersebut mampu menyajikan kenampakan keruangan secara menyeluruh dan akurat. Teknologi satelit berperan besar dalam perkembangan aplikasi ilmu penginderaan jauh, terutama untuk mengetahui informasi tentang permukaan bumi.

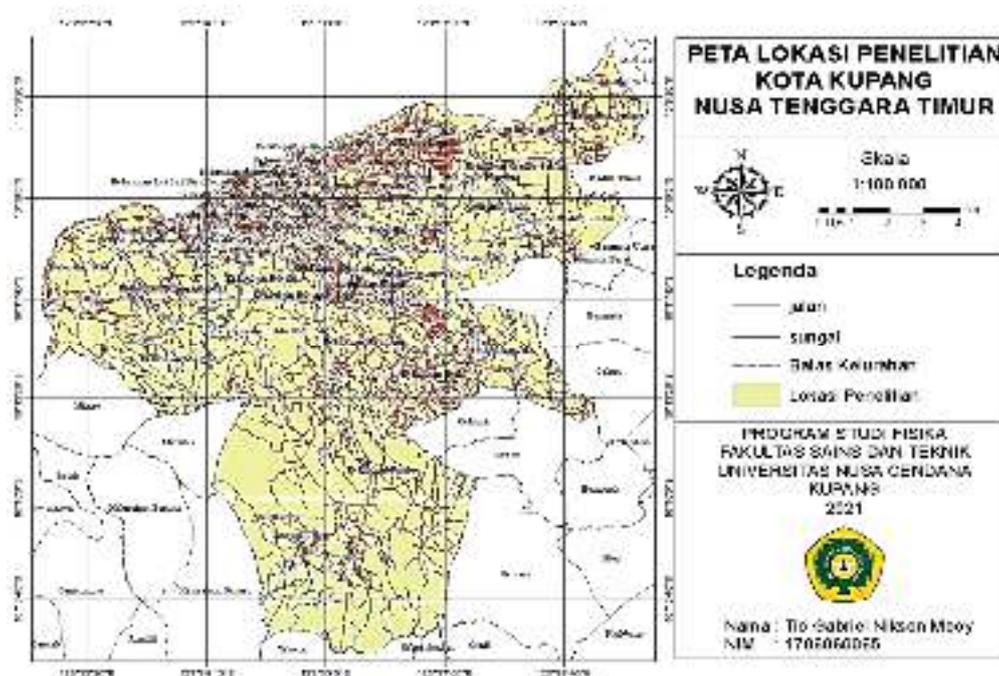
Pemetaan lahan kering telah dilakukan oleh Koto [1] di Kabupaten Boalemo, Propinsi Gorontalo menggunakan citra landsat 8 yang di klasifikasikan dengan metode *Support Vector Machine* (SVM). SVM adalah klasifikasi terbimbing non-parametrik yang dapat digunakan untuk mengelaskan citra satelit, yang diperuntukkan untuk berbagai macam pemetaan [5]. Secara sederhana, *Support Vector Machine* (SVM)

dapat dijelaskan sebagai usaha mencari hyperplane- hyperplane terbaik yang berfungsi sebagai pemisah dua buah class pada input space dengan mengukur margin hyperplane tersebut dan mencari titik maksimalnya. Margin adalah jarak antara hyperplane tersebut dengan pattern terdekat dari masing-masing kelas yang disebut sebagai *support vector* [6]. Objek *support vector* sangat sulit di klasifikasikan karena posisi nya yang overlapping dengan kelas lainnya. Maka untuk menemukan hyperlane yang paling optimal oleh SVM digunakan perhitungan dari *support vector* saja [7].

Penelitian ini bertujuan untuk memetakan lahan kering yang ada di Kota Kupang dengan metode SVM. Pemetaan lahan kering di Kota Kupang perlu dilakukan untuk melihat potensi lahan kering yang ada dilapangan berdasarkan hasil klasifikasi dari citra satelit penginderaan jauh. Teknologi penginderaan jauh menjadi salah satu cara efektif yang dapat digunakan untuk memonitoring bagaimana perubahan penggunaan lahan terjadi pada suatu wilayah, begitu juga pada lahan kering di Kota Kupang. Pada penelitian ini, untuk memetakan wilayah lahan kering di Kota Kupang digunakan data citra satelit, dan di klasifikasikan sesuai dengan kriteria lahan kering yang di gunakan oleh Dinas pertanian Kota Kupang.

METODE

Penelitian ini dilakukan di Kota Kupang, Nusa Tenggara Timur (Gambar 2) tahun 2021. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data survey lapangan (*ground check*) dan Citra Landsat 8 perekaman tanggal 31 Agustus 2020 dan Peta RBI digital wilayah adminstrasi Kota Kupang. Alat yang digunakan yaitu seperangkat komputer, GPS, perangkat lunak (*software*) Microsoft Excel 2013, SAGA GIS 7.9.0 dan QGIS 3.16.8.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang dilakukan yaitu pengumpulan data penginderaan jauh yang didapat melalui www.earthexplorer.usgs.gov data yang didownload merupakan citra Landsat 8, peta RBI digital wilayah Kota Kupang yang didapat melalui situs Indonesia Geospatial Portal, dan data GPS dimana teknik pengumpulan data ini dilakukan dengan melakukan pengamatan dan pencatatan secara sistematis terhadap gejala atau fenomena yang ada pada lokasi wilayah penelitian. Pada penelitian ini pengumpulan data GPS penting dilakukan untuk mengetahui, mencatat dan mendokumentasikan gejala-gejala tipe tutupan lahan yang ada di lapangan. Infomasi tipe lahan kering di lakukan berdasarkan kriteria dari Dinas Pertanian Kota Kupang.

Analisis Data

Tahapan analisis data dibagi atas preprocessing citra (penggabungan saluran, pemotongan citra), pengolahan data lapangan dan klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) metode SVM (klasifikasi kelas tutupan lahan dan pemetaan lahan kering).

Pengolahan data lapangan dilakukan untuk mengesktrak setiap data tutupan lahan hasil perekaman GPS yang didapat di lapangan ke dalam kelas klasifikasi penggunaan lahan. Kelas klasifikasi dibuat sesuai dengan karakteristik penggunaan lahan di wilayah Kota Kupang. Informasi mengenai karakteristik penggunaan lahan ini didapatkan melalui Dinas Pertanian Kota Kupang. Kelas klasifikasi penggunaan lahan dibagi menjadi ditanami pohon, hutan, ladang/huma, perkebunan, padang penggembalaan, tegal/kebun, sementara tidak diusahakan, pemukiman, sawah, tubuh air dan lainnya. Dari hasil analisis penggunaan lahan yang diperoleh, kemudian dapat dilakukan penentuan potensi lahan kering yang ada di wilayah Kota Kupang.

Kemudian, data lahan kering hasil pemetaan dibandingkan dengan data lahan penggunaan lahan kering di Kota Kupang (Tabel 1).

Tabel 1. Penggunaan Lahan Kering di Kota Kupang dari tahun 2016-2019[8]

No	Penggunaan Lahan	Luas Lahan Kering (Ha)			
	Kering	2016	2017	2018	2019
1	Tegal/Kebun	724	629	614,50	611
2	Ladang/Huma	406	300	298,00	298
3	Perkebunan	63	57	57,00	57
4	Ditanam pohon/ Hutan rakyat	1.330	1.491	1.479	1.478
5	Padang penggembalaan/ Padang rumput	1.142	1.164	1.160	1.155
6	Hutan Negara	347	145	145	145
7	Sementara tidak diusahakan	1.076	1.071	1.063	1.053
8	Lainnya	2.837	2.596	2.595	2.487
	Luas lahan kering	7.925	7.453	7.411,50	7.284

Berdasarkan informasi dari Dinas Pertanian Kota Kupang, tipe tutupan lahan kering di Kota Kupang ditunjukkan pada Gambar 3.



Tegal/Kebun



Ladang/Huma



Perkebunan Jambu Mete



Ditanami Pohon/Hutan Rakyat



Padang Pengembalaan/Padang Rumput



Hutan Negara



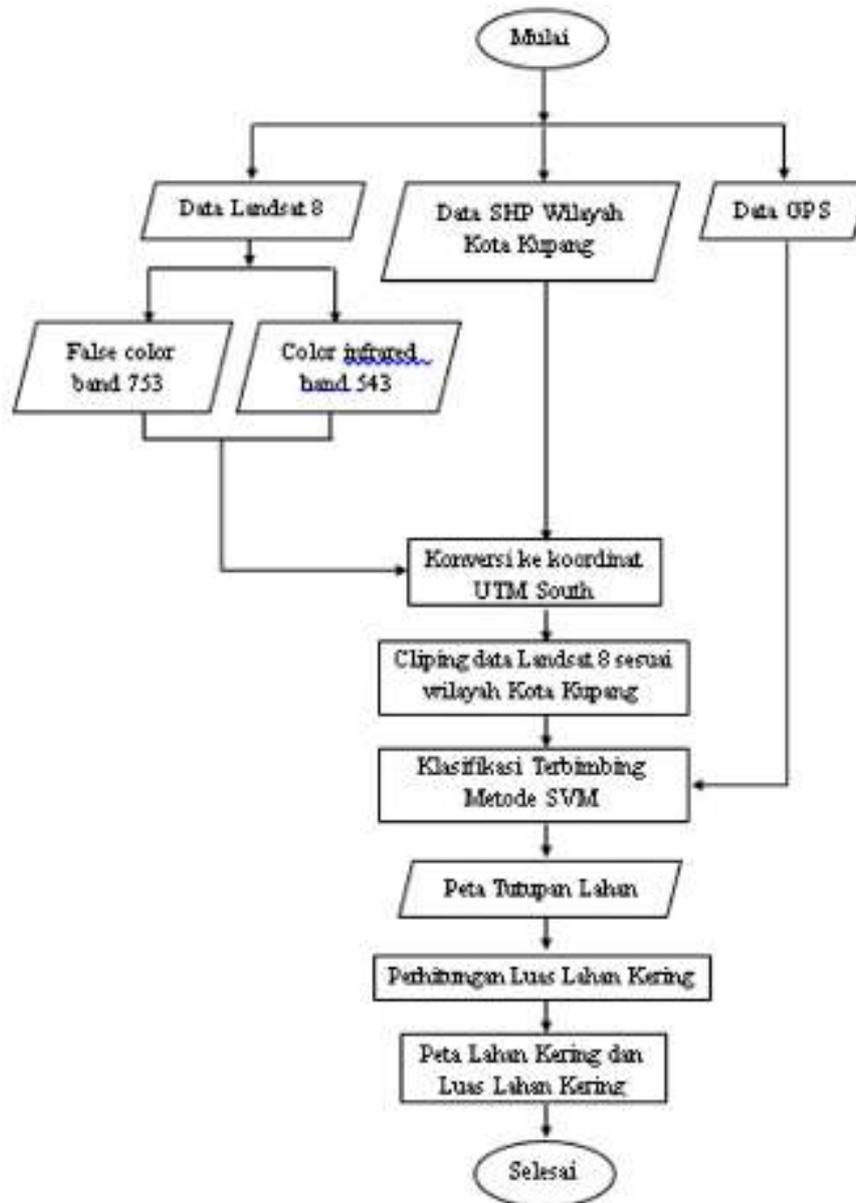
Sementara tidak diusahakan



Tubuh air dan lainnya

Gambar 2. Tipe lahan kering di Kota Kupang

Diagram alir penelitian di tunjukkan pada Gambar 4. di bawah ini.



Gambar 3. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

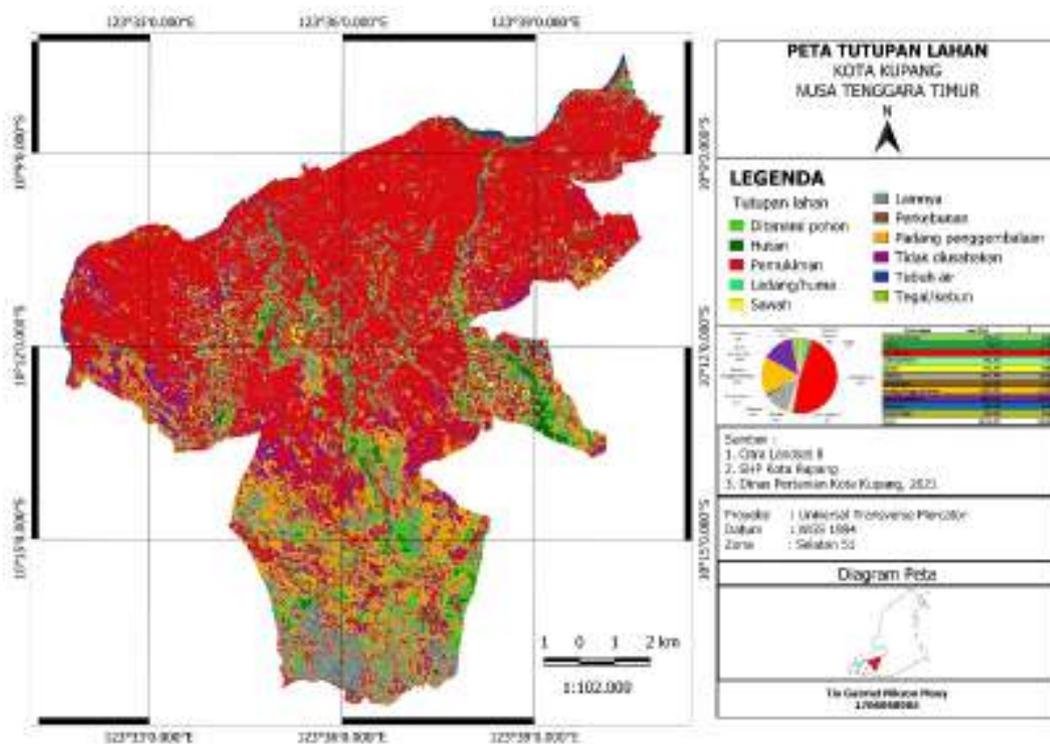
Klasifikasi tutupan lahan dan penggunaan lahan pada wilayah penelitian kali ini berdasarkan informasi penggunaan lahan kering di Kota Kupang oleh Dinas Pertanian Kota Kupang. Lahan kering dibagi menjadi 8 jenis tutupan lahan yaitu; ditanami pohon, hutan, ladang/huma, perkebunan, padang penggembalaan, tegal/kebun, tidak diusahakan, dan lainnya., serta menggunakan dua kombinasi citra yaitu false color composite (753) untuk metode 1 dan color infrared (543) untuk metode 2.

Klasifikasi Peta Penggunaan Lahan

Klasifikasi multispektral menggunakan metode SVM menghasilkan sebelas jenis penggunaan lahan di Kota Kupang, yaitu; ditanami pohon, hutan, ladang/huma, perkebunan, padang penggembalaan, tegal/kebun, tidak diusahakan, pemukiman, sawah, tubuh air dan lainnya. Klasifikasi penggunaan lahan dengan metode 1 (false color composite 753) dan metode 2 (color infrared 543) ini disajikan pada Tabel 2, dan peta penggunaan lahan kering metode 1 (false color composite 753) saat ini disajikan pada Gambar 5.

Tabel 2. Luas penggunaan lahan kering metode 1 dan 2

Keterangan	Metode 1		Metode 2	
	Luas (Ha)	%	Luas (Ha)	%
Ditanami Pohon	578,52	7,49%	984,42	12,50%
Hutan	272,7	3,53%	173,97	2,21%
Ladang/Huma	194,31	2,51%	208,26	2,64%
Lainnya	1571,85	20,34%	1.107,09	14,06%
Perkebunan	221,58	2,87%	141,66	1,80%
Padang	2.406,87	31,15%	2.706,03	34,36%
Penggembalaan	2.092,05	27,07%	1.872,45	23,78%
Tidak diusahakan	389,88	5,05%	681,03	8,65%
Total	7.727,76	100,00%	7.874,91	100,00%



Gambar 4. Peta penggunaan lahan dengan metode 1

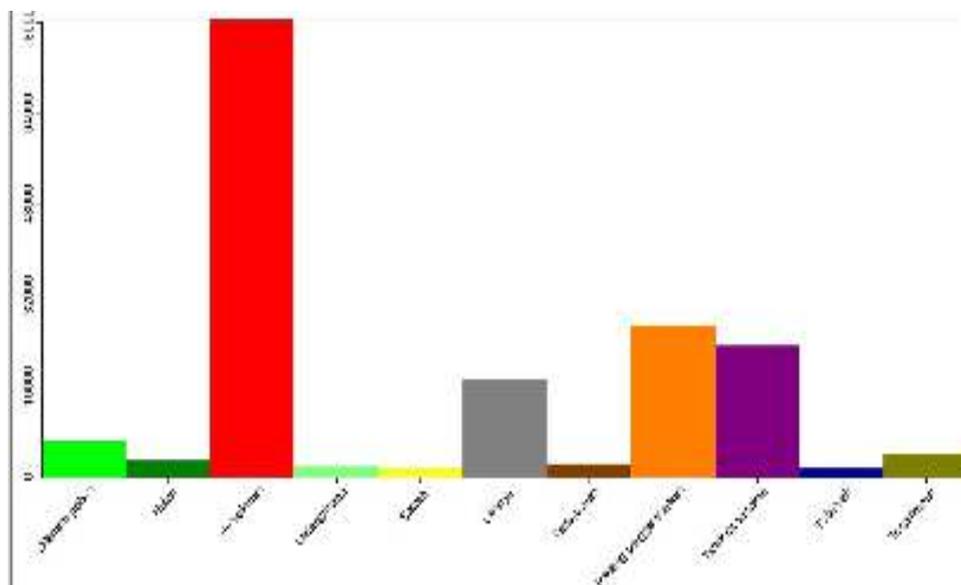
Hasil klasifikasi penggunaan lahan dengan metode SVM menunjukkan wilayah tubuh air terdiri atas sungai dan air dangkal. Air dangkal terdapat pada daerah yang memiliki potensi air seperti cekdam, tambak, kolam, empang, rawa dan lain-lain yang diklasifikasikan sebagai tanah yang tergenang air. Tubuh air menempati luas wilayah terkecil, yaitu 146,25 ha. Perkebunan yang terdapat di wilayah penelitian berupa tanaman kelapa dan kacang mete. Perkebunan menempati luas wilayah pada Kota Kupang yaitu sebesar 221,58 ha.

Penggunaan lahan yang ditanami pohon memiliki luas wilayah 578,52 ha. Lahan yang ditanami pohon merupakan lahan yang berdiri di atas tanah milik masyarakat, dimana lahan tersebut terdiri atas pepohonan yang berada di daerah datar dan cenderung berada dekat dengan pemukiman. Penggunaan lahan tegal/kebun merupakan lahan bukan sawah (lahan kering) yang ditanami tanaman semusim atau tahunan dan terpisah dengan halaman sekitar rumah atau pemukiman serta penggunaannya tidak berpindah-pindah. Ladang/huma adalah lahan bukan sawah (lahan kering) yang biasanya ditanami tanaman musiman dan penggunaannya hanya semusim atau dua musim, kemudian akan ditinggalkan bila sudah tidak subur lagi (berpindah-pindah). Dimana beberapa tahun kemudian lahan ini kemungkinan akan dikerjakan kembali jika sudah subur. Komposit citra false color composite 753 pada lahan tegal/kebun dan ladang/huma nampak memiliki warna yang mirip namun lahan tegal/kebun memiliki kenampakan warna hijau kecoklatan dan menempati luas wilayah 389,88, sedangkan ladang/huma memiliki kenampakan hijau keabu-abuan serta menempati luas wilayah 194,31 ha.

Penggunaan lahan sawah memiliki luas wilayah 151,47 ha. Kenampakan lahan persawahan pada citra Landsat 8 berupa lahan relatif datar, lahan persawahan nampak berupa tanaman padi yang baru tumbuh, dan pada beberapa lahan masih tergenang air. Komposit citra false color composite 753 lahan persawahan nampak berwarna ungu tua. Hutan menempati luas wilayah 272,7 ha. Hutan di wilayah penelitian dimasukkan dalam kategori hutan lebat dan berada pada wilayah ketinggian 300 mdpl keatas. Komposit citra false color composite 753 lahan pada hutan nampak berwarna hijau tua.

Klasifikasi padang penggembalaan menempati luas wilayah 2.406,87 ha. Padang penggembalaan merupakan penggunaan lahan terluas setelah pemukiman yang didominasi tanaman padang rumput dan tempat dilepasnya ternak peliharaan. Tutupan lahan yang sementara tidak diusahakan memiliki luas 2.092,05 merupakan lahan kosong. Dan lahan lainnya yang merupakan jenis lahan kering di kota kupang memiliki luas 1571,85 ha dan umumnya merupakan lahan kosong.

Klasifikasi pemukiman (lahan bukan pertanian) merupakan wilayah dengan penggunaan lahan terluas di Kota Kupang. Pemukiman mempunyai luas wilayah 7.233,93 ha yang terdapat di hampir diseluruh Kota Kupang. Menggunakan citra komposit FCC 753, pemukiman nampak berwarna ungu dengan nilai pantulan yang tinggi. Diagram jumlah piksel untuk tiap penggunaan lahan citra false color composite 753 di Kota Kupang disajikan pada Gambar 6.



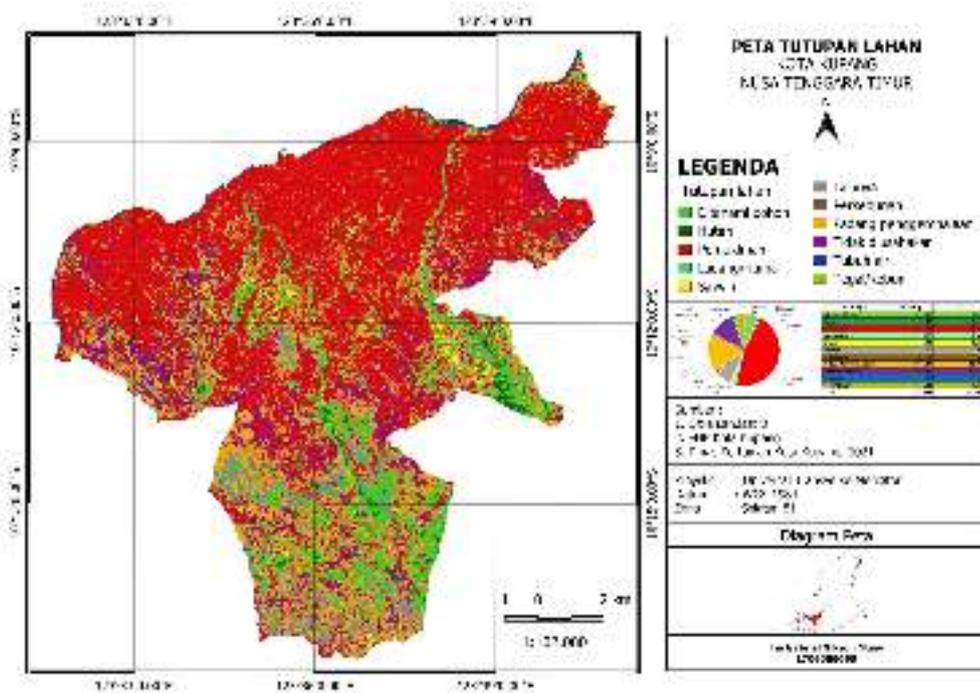
Gambar 5. penggunaan lahan berdasarkan jumlah piksel dengan metode 1

Sedangkan hasil klasifikasi penggunaan lahan dengan metode SVM color infrared (543). Tubuh air masih menempati luas wilayah terkecil, yaitu 139,05 ha. Perkebunan menempati luas wilayah pada Kota Kupang sebesar 141,66 ha. Penggunaan lahan yang ditanami pohon memiliki luas wilayah 984,42 ha. Lahan yang ditanami pohon memiliki kenampakan komposit citra infrared 543 berwarna merah. Lahan

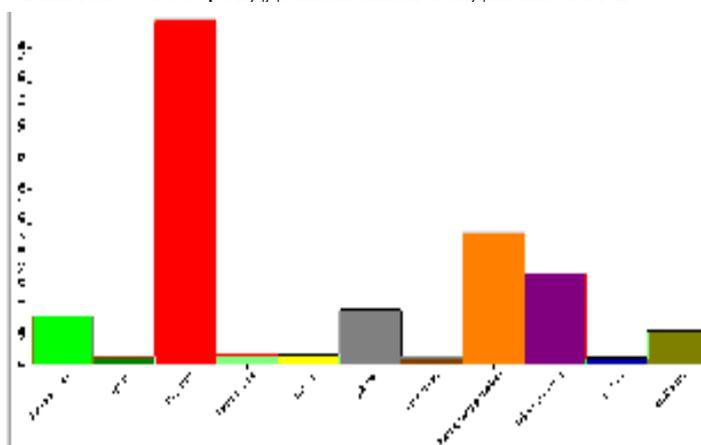
tegal/kebun memiliki kenampakan warna merah muda dan menempati luas wilayah 681,83, sedangkan ladang/huma memiliki kenampakan coklat serta menempati luas wilayah 208,26 ha.

Klasifikasi padang penggembalaan menempati luas wilayah 2.706,03 ha, memiliki kenampakan warna hijau. Penggunaan lahan sawah memiliki luas wilayah 191,79 ha. Komposit citra color infrared 543 lahan persawahan nampak hijau seperti lahan padang penggembalaan namun memiliki intensitas warna yang lebih rendah. Hutan menempati luas wilayah 173,97 ha. Komposit citra color infrarede 543 lahan pada hutan nampak berwarna merah kecoklatan.

Tutupan lahan yang sementara tidak diusahakan memiliki luas 1.872,45 ha, memiliki kenampakan komposit color infrared 543 berwarna coklat muda. Dan lahan lainnya yang merupakan jenis lahan kering di kota kupang memiliki luas 1.107,09 ha dan memiliki warna abu-abu. Sama seperti hasil klasifikasi citra komposit FCC 753, pada citra komposit color infrared 543, pemukiman (lahan bukan pertanian) merupakan wilayah dengan penggunaan lahan terluas di Kota Kupang. Pemukiman mempunyai luas wilayah 7.053,66 ha yang terdapat di hampir diseluruh Kota Kupang. Pemukiman nampak berwarna biru dengan nilai pantulan yang tinggi. Peta penggunaan lahan komposit citra color infrared 543 disajikan pada Gambar 7 dan diagram jumlah piksel untuk tiap penggunaan lahan di Kota Kupang disajikan pada Gambar 8.



Gambar 7. Peta penggunaan lahan dengan metode 2



Gambar 6. Penggunaan lahan berdasarkan jumlah piksel dengan metode 2

Klasifikasi Peta Lahan Kering

Budidaya pertanian tanaman pangan dikelompokkan menjadi dua bagian yaitu pertanian lahan basah (sawah) dan pertanian lahan kering. Klasifikasi lahan kering dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak pengolah citra SAGA GIS 7.9.0. Pada klasifikasi penggunaan lahan, Kota Kupang dibagi atas 11 kelas penggunaan lahan, yaitu; di tanami pohon, hutan, ladang/huma, perkebunan, padang penggembalaan, tegal/kebun, tidak diusahakan, pemukiman, sawah, tubuh air dan lainnya.

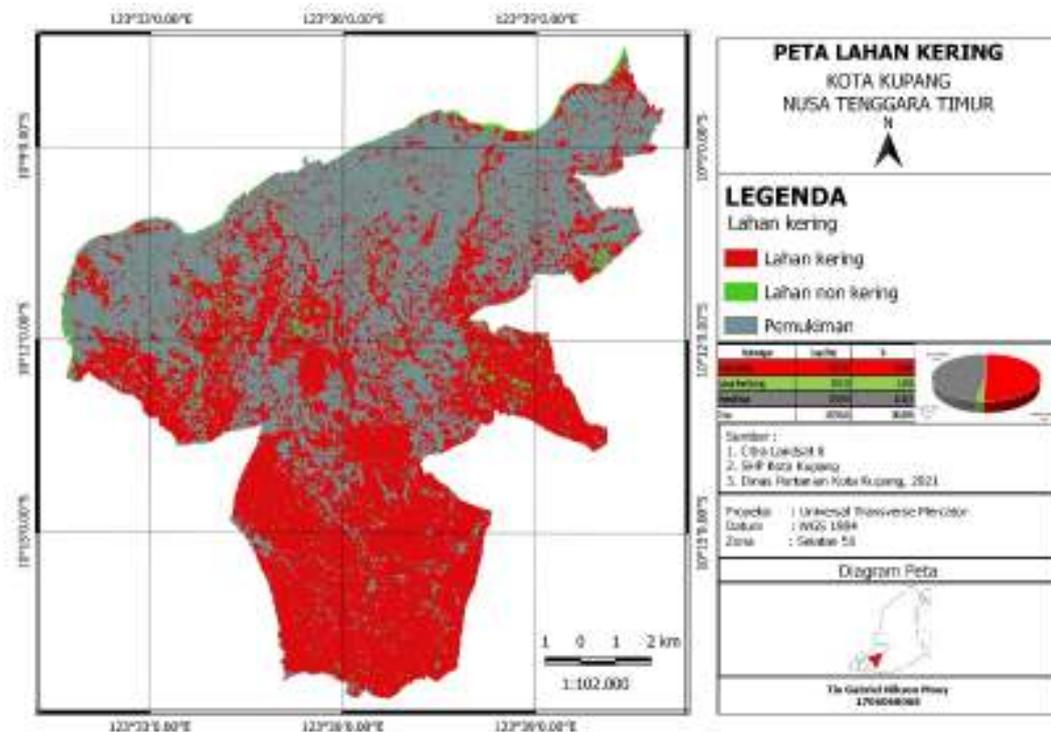
Berdasarkan klasifikasi penggunaan lahan, maka dapat disimpulkan bahwa wilayah lahan kering bukan merupakan wilayah pemukiman, pertanian lahan basah (sawah) dan tubuh air. Hasilnya yaitu peta lahan kering dalam bentuk raster, yang terbagi atas tiga kelas yaitu lahan kering, lahan non kering (sawah, tubuh air) dan pemukiman. Lahan kering diklasifikasikan terdiri atas 8 tutupan lahan yaitu ditanami pohon, hutan, ladang/huma, perkebunan, padang penggembalaan, tegal/kebun, tidak diusahakan dan lainnya. Luas total lahan kering pada Kota Kupang berkisar 7.727,76 ha untuk komposit citra false color composite 753, sedangkan komposit citra color infrared memiliki luas total berkisar 7.874,91.

Wilayah lahan kering terdapat hampir pada seluruh Kota Kupang dan didominasi pada topografi yang relatif tinggi, umumnya diantara 100-300 mdpl. Klasifikasi lahan kering disajikan pada Tabel 3.

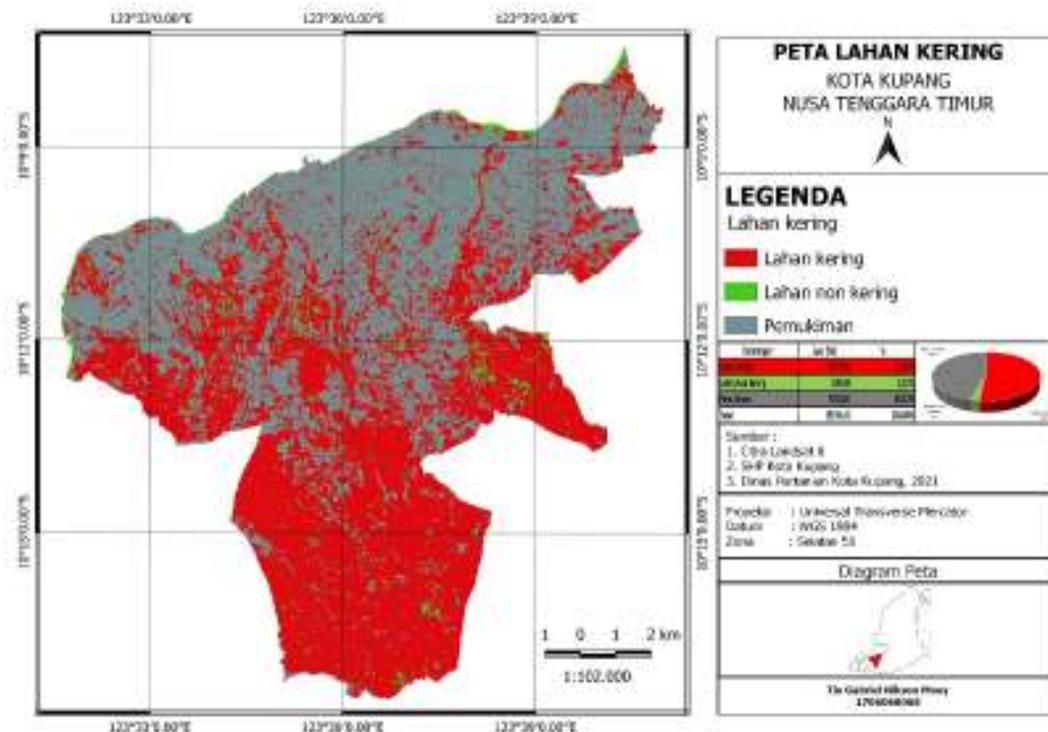
Tabel 3. Tabel luas lahan kering di Kota Kupang

Keterangan	False color composite 753		Color infrared 543	
	Luas (Ha)	%	Luas (Ha)	%
Lahan Kering	7727,76	50,64%	7874,91	51,61%
Lahan Non Kering	297,72	1,95%	330,84	2,17%
Pemukiman	7233,93	47,41%	7053,66	46,22%
Total	15259,41	100,00%	15259,41	100,00%

Peta wilayah lahan kering disajikan pada Gambar 9 dan 10 dibawah ini.



Gambar 8. Peta lahan kering di Kota Kupang dengan metode 1



Gambar 9. Peta lahan kering Kota Kupang dengan metode 2

Hasil klasifikasi SVM dengan menggunakan false color composite band 7,5,3 dan color infrared band 5,4,3 menunjukkan luas lahan kering di Kota Kupang berbeda dengan luas lahan kering dari data Dinas Pertanian Kota Kupang. Dikarenakan Dinas Pertanian Kota Kupang mencatat lahan kering yang sudah digunakan untuk pertanian. Sedangkan dari penelitian ini, dapat di ketahui potensi lahan kering yang ada di Kota Kupang baik yang sudah di gunakan untuk pertanian maupun belum di gunakan.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa data penginderaan jauh dapat digunakan untuk memetakan wilayah lahan kering yang ada di Kota Kupang. Lahan kering tersebar pada sebagian wilayah Kota Kupang dan memiliki luas 7.727,76 ha untuk metode 1 dan 7.874,91 ha untuk metode 2. Kedua metode ini menunjukkan hasil yang berbeda untuk pemetaan wilayah lahan kering di Kota Kupang. Tetapi hasil pemetaan dari kedua metode ini dapat menunjukkan luas potensi wilayah lahan kering di kota Kupang. Dimana luas wilayah lahan kering dari hasil pemetaan lebih besar dari luas lahan kering berdasarkan laporan penggunaan lahan kering Dinas Pertanian Kota Kupang. Hal ini menunjukkan bahwa wilayah kota Kupang masih memiliki potensi luas lahan kering yang belum digunakan.

Saran

Penelitian ini mengambil lokasi *training site* untuk 11 sampel lokasi tutupan lahan di Kota Kupang. Untuk penelitian selanjutnya di sarankan untuk mengambil lebih banyak *training site*. Sehingga luas lahan kering yang di peroleh lebih akurat

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Dinas Pertanian Kota Kupang, Provinsi Nusa Tenggara Timur yang telah memberikan bantuan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Koto AG.2017. Pemetaan Wilayah Lahan Kering Menggunakan Data Penginderaan Jauh. *Jurnal Akademika*. 6(2).
2. Mulyani A, Mamat H.2019.Pengelolaan lahan kering beriklim kering untuk pengembangan jagung di Nusa Tenggara. *Jurnal sumberdaya lahan*.13(1):41-52.
3. Helviani H, Juliatmaja AW, Bahari DI, Masitah M, Husnaeni H.2021.Pemanfaatan dan optimalisasi lahan kering untuk pengembangan budidaya tanaman palawija di desa Puday kecamatan Wongeduku kabupaten Koname Provinsi Sulawesi Tenggara. *Jurnal Mitra Mahajana: Jurnal Pengabdian Masyarakat*.2(1):49-55.
4. BPS Nusa Tenggara Timur.2020. Luas Penggunaan Lahan Sawah dan Lahan Kering Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Nusa Tenggara Timur (Hektar) 2019.
5. Firmansyah S, Gaol JL, Susilo SB.2019.Perbandingan klasifikasi SVM dan Decision Tree untuk pemetaan mangrove berbasis objek menggunakan citra satelit Sentinel-2B di Gili Sulat, Lombok Timur. *Journal of Natural Resources Environmental Management*. 9(3):746-57.
6. Ariyantoni J, Rokhmana CA.2020.Evaluasi polarisasi citra SAR (SYNTHETIC APERTURE RADAR) untuk klasifikasi obyek tutupan lahan. *Jurnal Elipsoida*.3(01).
7. Samsudine.2019.Penjelasan Sederhana tentang Apa Itu SVM? Available from: <https://medium.com/@samsudiney/penjelasan-sederhana-tentang-apa-itu-svm-149fec72bd02>.
8. Dinas pertanian Kota Kupang.2021.Data penggunaan lahan kering di Kota Kupang 2016-2019.

RANCANG BANGUN ALAT UKUR SUHU TUBUH, DETAK JANTUNG, DAN TEKANAN DARAH PADA MANUSIA BERBASIS ARDUINO UNO

Y. A Tadon, L. A. S Lapono, J. Tarigan

Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana Jl. Adisucipto-Penfui,

Kota Kupang, Kode Pos 85148, Indonesia

E-mail: lebutokan@gmail.com

Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang rancang bangun sistem pengukuran suhu tubuh, detak jantung, dan tekanan darah pada manusia berbasis arduino uno. Dari sistem pengukuran yang telah dibuat, pengukuran suhu tubuh diukur menggunakan sensor MLX90614 yang dilakukan secara radiasi dimana sensor suhu diletakan dengan jarak rata-rata 15 cm didepan dahi sampel. Untuk pengukuran detak jantung digunakan sensor Pulse yang diletakan pada jari telunjuk sampel, dari hasil pengukuran sensor Pulse rata-rata membutuhkan waktu selama 15 detik untuk membaca nilai BPM dari sampel uji, sedangkan sensor MPX5700DP digunakan untuk mengukur tekanan darah, pengukuran tekanan darah dilakukan dengan cara mendeteksi tekanan pada manset yang dijepit pada lengan sampel, hasil pembacaan sensor MPX5700DP ada dua jenis tekanan darah yaitu tekanan sistole atau tekanan saat jantung memompa darah keseluruh tubuh, dan tekanan diastole adalah tekanan pada saat jantung dalam keadaan istirahat. Data hasil pengukuran ditampilkan menggunakan software delphi 7. Dimana aplikasi delphi 7 dirancang khusus untuk membaca data dan menganalisis data untuk mengetahui kondisi nilai sampel dari masing-masing parameter pengukuran. Pengukuran dilakukan terhadap 12 sampel uji untuk setiap parameter pengukuran dengan 6 sampel berjenis kelamin Laki-laki dan 6 sampel perempuan.

Kata kunci: *software arduino uno; software delphi 7; sensor MLX90614; pulse sensor sensor MPX5700DP*

Abstract

Research has been carried out on the design of a system for measuring body temperature, heart rate, and blood pressure in humans based on Arduino Uno. From the measurement system that has been made, body temperature measurements are measured using the MLX90614 sensor which is carried out by radiation where the temperature sensor is placed with an average distance of 15 cm in front of the sample. To measure the heart rate, a Pulse sensor is used which is placed on the sample's index finger. From the results of the Pulse sensor measurement, it takes an average of 15 seconds to read the BPM value from the test sample, while the MPX5700DP sensor is used to measure blood pressure. the pressure on the cuff clamped on the sample arm, the results of the MPX5700DP sensor readings have two types of blood pressure, namely systolic pressure or pressure when the heart ensures blood throughout the body, and diastolic pressure is the pressure when the heart is at rest. The results of each data were measured using the Delphi 7 software. Where the Delphi 7 application was specifically designed to read the data and analyze the data to determine the condition of the sample values of each parameter measurement. Measurements were carried out on 12 test samples for each measurement parameter with 6 male samples and 6 female samples.

Keywords: *arduino uno software; delphi 7 software; MLX90614 sensors; pulse sensors; MPX5700DP sensors*

PENDAHULUAN

Kesehatan merupakan suatu hal yang sangat penting dalam kelangsungan hidup manusia. Semua orang pastinya ingin memiliki tubuh yang sehat dan terbebas dari segala penyakit. Apabila tubuh kita sehat maka segala aktivitas tidak akan terhambat sehingga kita bisa melakukan aktivitas yang kita mau. Untuk menjaga tubuh kita selalu sehat, tentunya tubuh kita memerlukan asupan gizi baik dari makanan maupun minuman, dan berolahraga secara rutin, serta juga dilakukan pengecekan kesehatan secara rutin menggunakan alat ukur yang telah terstandarisasi. Pengecekan kesehatan pada tubuh kita, mengacu pada dua parameter penting yaitu kesehatan fisik dan jiwa. kesehatan jiwa dapat diukur dari prevalensi gangguan mental emosional seseorang, Sedangkan Kesehatan fisik pada seseorang dapat diukur melalui parameter-parameter dasar nilai-nilai normal dari tanda vital seseorang. Pemeriksaan ini bertujuan untuk mendeteksi adanya perubahan pada system organ tubuh apakah dalam kondisi sehat atau tidak. Perubahan tersebut sangat penting karena memiliki arti sebagai indikasi

adanya kegiatan organ-organ di dalam tubuh seseorang, dimana untuk mengetahui kondisi kesehatan ini biasanya akan dilakukan pengukuran terhadap beberapa organ vital seperti suhu tubuh, detak jantung, dan tekanan darah.

Dalam kehidupan sehari-hari untuk mengetahui kesehatan tubuh kita, dilakukan pengecekan dengan menggunakan alat-alat medis seperti tensimeter, Detak jantung, suhu tubuh, alat-alat tersebut biasanya tidak dalam satu paket, tetapi dalam paket yang berbeda-beda, sehingga untuk mengukur suatu parameter kesehatan tubuh dibutuhkan lebih dari satu alat ukur. Alat kesehatan sekarang ini masih banyak yang bersifat analog, hal ini sangat mempengaruhi hasil proses pengukuran yang diperoleh, seperti tingkat sensitifitas alat ukur, presisi dan akurasi, dan juga akan membutuhkan waktu yang cukup lama untuk mengetahui kondisi kesehatan tubuh pasien.

Dalam Era Revolusi Industri 4.0 ini sungguh sangat sarat dengan perubahan yang tidak terduga dan sangat cepat. Revolusi industri keempat ini ditandai dengan meningkatnya konektivitas, interaksi, batas antarmanusia, mesin dan sumber daya lainnya semakin konvergen melalui teknologi informasi dan komunikasi [1].

Perubahan teknologi yang begitu cepat sangat mempengaruhi pola kerja di semua bidang bahkan dalam bidang kesehatan. kondisi ini tentu saja sangat membantu terutama para tenaga medis, dimana dokter dan para tenaga medis dipermudahkannya dalam mengobati dan mengecek kesehatan tubuh pasien dengan cepat dan hasil yang baik dan akurat.

LANDASAN TEORI

Sensor MLX90614

Sensor MLX90614 merupakan sensor yang digunakan untuk mengukur suhu dengan memanfaatkan radiasi gelombang inframerah. Sensor MLX90614 didesain khusus untuk mendeteksi energi radiasi inframerah dan secara otomatis telah didesain sehingga dapat mengkalibrasikan energi radiasi inframerah menjadi skala temperature [2].



Gambar 1. Bentuk fisik sensor MLX90614

Sensor MLX90614 adalah termometer inframerah untuk pengukuran suhu non-kontak. Baik chip detektor thermopile sensitif IR dan ASIC pengkondisi sinyal terintegrasi dalam packing sensor model TO-39 yang sama. Pengkondisi sinyal yang terintegrasi ke dalam MLX90614 itu adalah low noise amplifier, 17-bit ADC dan unit DSP yang kuat sehingga mencapai akurasi dan resolusi tinggi dari termometer. Secara default dari pabrik, sensor dikalibrasi dengan output SMBus digital yang memberikan akses penuh ke suhu yang diukur dalam kisaran suhu lengkap dengan resolusi 0,02 °C [3].

Pulse sensor

Pulse sensor adalah sebuah sensor denyut jantung yang dirancang untuk Arduino. Sensor ini dapat digunakan untuk mempermudah penggabungan antara pengukuran detak jantung dengan aplikasi data ke dalam pengembangannya. Pulse sensor mencakup sebuah aplikasi monitoring yang bersifat open source [4].

Pulse sensor merupakan sensor yang berfungsi untuk mengukur banyaknya detak jantung dengan satuan menit atau BPM (Beats Per Minutes) [5]. Pada manusia detak jantung normal berkisar antara 60-100 menit sekali dengan catatan tidak sedang melakukan kegiatan yang dapat memacu detak jantung bekerja lebih cepat misalnya lari, marah, dan lain sebagainya.



Gambar 2. Bentuk fisik Pulse Sensor

Sensor MPX5700DP

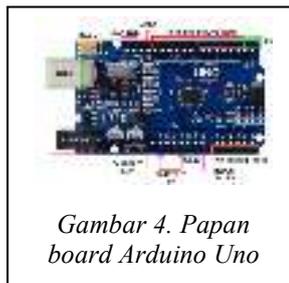
Sensor Tekanan (Pressure Sensor) merupakan alat yang digunakan untuk mengukur tekanan suatu zat, yaitu dengan mengubah tegangan mekanis menjadi sinyal listrik. Tekanan (P) adalah satuan fisika untuk menyatakan gaya (F) per satuan luas (A). Pressure Sensor biasanya mengukur tekanan pada zat gas dan cair. Satuan tekanan sering digunakan untuk mengukur kekuatan dari suatu cairan ataupun gas, yang dirumuskan sebagai berikut : $P = F/A$. Satuan tekanan (Pa = Pascal) dapat dihubungkan dengan satuan volume (isi) dan suhu [6].



Gambar 3. Bentuk fisik sensor MPX5700DP

Prinsip kerja dari sensor tekanan itu sendiri adalah mengubah tegangan mekanik menjadi listrik. Kurang ketegangan didasarkan pada prinsip bahwa tahanan pengantar berubah dengan panjang dan luas penampang [7].

Pada sensor MPX5700DP memiliki 6 pin, dimana dalam perancangan pengukuran tekanan yang dihubungkan ke arduino biasanya hanya 3 pin saja [8].



Gambar 4. Papan board Arduino Uno

Arduino Uno

Arduino adalah sebuah rangkaian elektronik yang bersifat *open source*, dan mempunyai piranti keras dan lunak yang mana mudah untuk digunakan. Arduino Uno adalah sebuah board minimum system mikrokontroller yang mana di dalamnya terdapat mikrokontroller AVR seri ATmega 328 yang merupakan produk dari Atmel [9].

Delphi 7

Delphi merupakan generasi penerus dari Turbo Pascal. Pemrograman Delphi dirancang untuk beroperasi dibawah sistem operasi Windows. Program ini mempunyai beberapa keunggulan, yaitu produktivitas, kualitas, pengembangan perangkat lunak, kecepatan kompiler, pola desain yang menarik serta diperkuat dengan bahasa pemrograman yang terstruktur dalam struktur bahasa pemrograman object pascal [10].

METODE

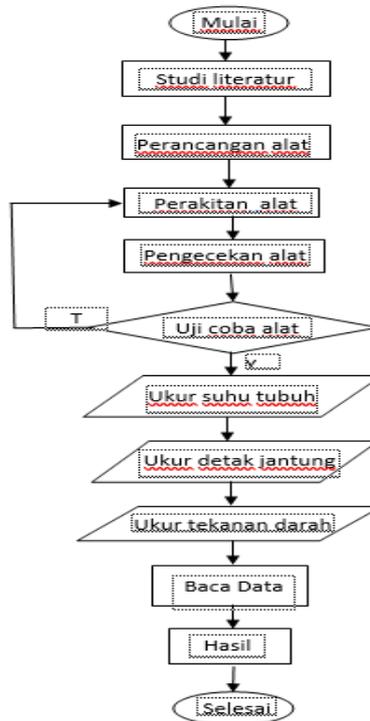
Alat dan Bahan

Perangkat keras yang digunakan pada perancangan sistem yaitu: *Sensor Detak jantung (Pulse sensor)*, *sensor Suhu (MLX90614)*, *sensor Tekanan (MPX5700dp)*, *Arduino Uno*, *Laptop*, *kabel port*, *kabel jumper secukupnya*, *Manset Cuff*, *Solenoid valve*, *Relay 5 Volt*, *power suplay 12 Volt*.

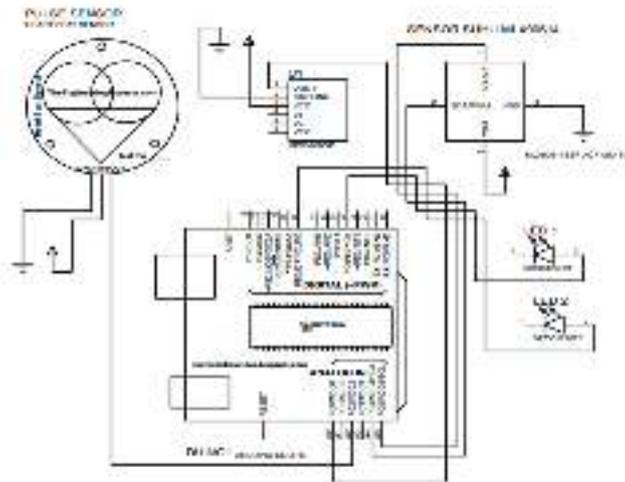
Perangkat lunak yang akan digunakan pada penelitian ini adalah: *Arduino IDE (Integrated Development Environment)*, dan *Aplikasi Delphi 7*.

Rancang bangun proses pengerjaan alat

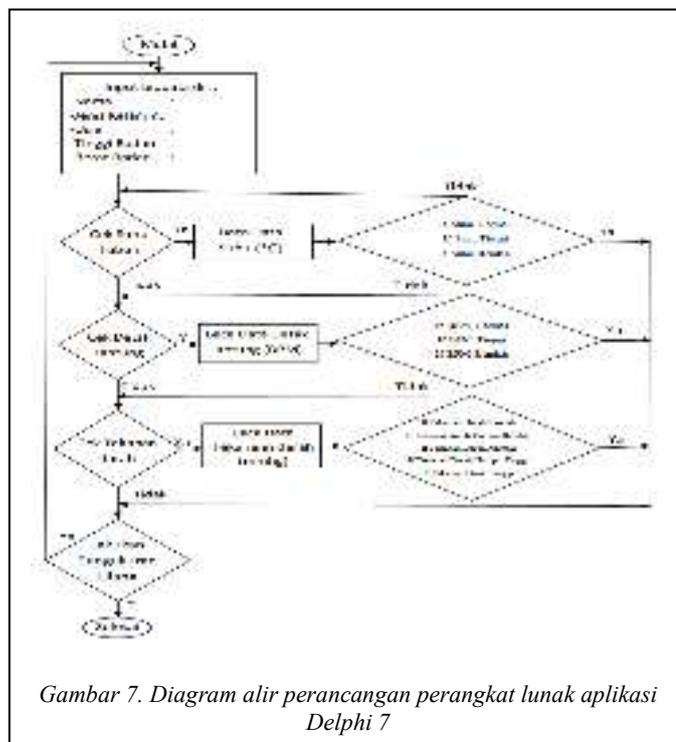
Proses pengerjaan alat ukur kesehatan tubuh pada manusia menggunakan sensor MLX90614, Pulse sensor, dan sensor MPX5700DP berbasis Arduino Uno ini mengikuti flowchat pada Gambar 5.



Gambar 5. Rancang bangun proses pengerjaan alat



Gambar 6. Keseluruhan rangkaian alat



Gambar 7. Diagram alir perancangan perangkat lunak aplikasi Delphi 7

Tabel 1. Nilai kondisi suhu, BPM, dan darah

Keterangan kesehatan Tekanan

Keterangan	Suhu Tubuh (°C)	Detak Jantung (BPM)	Tekanan Darah (mmhg)
Rendah	< 36,1	<60	≤ 109/70
Hampir Rendah	-	-	110-119/ 71-79
Normal	36,1 -37,34	60 – 100	120/80
Hampir Tinggi	-	-	121-129/ 81-99
Tinggi	> 39,34	>100	≥ 130/ 100

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perancangan perangkat keras

Perancangan perangkat keras dan pembuatan sistem pengukuran suhu, detak jantung, dan tekanan darah pada manusia telah berhasil dibuat. Perancangan bangun sistem ini

menegggunakan Sensor MLX90614, Pulse sensor, sensor MPX5700DP, Arduino uno dan aplikasi Delphi 7. Hasil pembuatan alat dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 9. Bagian dalam kotak alat



Gambar 8. Bentuk fisik alat bagian luar

Dalam pengukuran yang telah dilakukan data yang diambil merupakan data suhu, detak jantung, dan tekanan darah, pengambilan data dilakukan dengan cara menghubungkan sensor MLX90614, Pulse sensor, dan sensor MPX5700DP dengan rangkaian Arduino yang berada didalam kotak dengan menggunakan kabel jumper sebagai kabel penghubung, lalu dari Arduino melalui kabel USB dihubungkan ke PC. Dimana PC berfungsi sebagai sumber daya bagi sensor dan Arduino. Jika semuanya sudah dipastikan terhubung, maka selanjutnya running pemrograman Delphi untuk menjalankan aplikasi, setelah itu mengisi biodata diri pada form1 lalu klik tombol input untuk login ke form utama.

Pengambilan data untuk setiap parameter yang diuji, dilakukan pada bagian tubuh sampel berbeda-beda, untuk pengukuran suhu tubuh dilakukan pengukuran pada dahi sampel, untuk pengukuran suhu dilakukan secara non kontak (tidak bersentuhan dengan dahi) dengan jarak rata-rata dari 15 cm dari sensor dengan dahi, dan untuk pengukuran detak jantung dilakukam dengan menempatkan jari telunjuk sampel pada bagian atas Pulse sensor selama kurang lebih 15 detik, sedangkan untuk pengukuran tekanan darah dilakukan dengan bantuan manset cuff yang di jepit pada lengan sampel yang nantinya sensor MPX5700DP akan mendeteksi tekanan yang ada pada manset lalu dikirim ke arduino untuk dilakukan perhitungan nilai tekanan darah.

Pada pengukuran yang telah dilakukan, data hasil pengukuran disajikan dalam bentuk tabel, dimana ada 5 buah tabel yaitu 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, dengan jumlah sampel 12 orang. Seperti yang di tunjukan pada tabel data hasil pengukuran, Setiap sample digolongkan berdasarkan jenis kelamin dimana untuk jenis kelamin laki-laki dinamai dengan sampel L1, L2, L3, L4, L5, L6 dan jenis kelamin perempuan dinamai dengan P1, P2, P3, P4, P5, P6.

Berikut merupakan rumus-rumus yang digunakan dalam pengolahan data.

1. Nilai rata-rata= jumlah nilai/ banyaknya data
2. Galat(error) = nilai yang sebenarnya – nilai pengukuran
3. Persentase galat (error) = galat/ nilai yang sebenarnya x 100.
4. Persentase akurasi = 100 – % galat

Pengukuran suhu tubuh

Proses pengukuran suhu tubuh telah dilakukan dan berjalan dengan baik, pengukuran dilakukan terhadap 12 orang sebagai sampel uji.

Tabel 5. Hasil Pengukuran suhu tubuh

Nama	Umur	Termometer digital infrared (°C)	Alat Ukur Suhu tubuh yang dibuat (°C)					Rata-Rata (°C)	AT (°C)	Error (%)	Akurasi (%)	Ket
			1	2	3	4	5					
L1	14	36,07	37,67	37,67	37,67	37,67	37,67	0,97	2,64	97,36	Normal	
P1	18	36,07	37,03	37,03	37,03	37,03	37,03	0,33	0,90	99,10	Normal	
L2	22	36,06	36,93	36,93	36,93	36,93	36,93	0,33	0,90	99,10	Hampir tinggi	

P2	24	36,03	37,21	37,23	37,23	37,23	37,23	37,22	0,93	2,55	97,45	Normal	
L3	32	36,05	36,49	36,49	36,49	36,49	36,49	36,49	0,01	0,03	100,03	Normal	
P3	36	36,04	36,77	36,77	36,77	36,77	36,77	36,77	0,37	1,02	98,98	Normal	
L4	40	36,07	37,43	37,43	37,43	37,43	37,43	37,43	0,73	1,99	98,01	Normal	
P4	45	36,06	37,05	37,05	37,05	37,05	37,05	37,05	0,45	1,23	98,77	Normal	
L5	50	36,07	38,09	38,09	38,09	38,09	38,09	38,09	1,39	3,79	96,21	Tinggi	
P5	52	36,03	35,73	35,73	35,73	35,73	35,73	35,73	0,57	1,57	101,57	Normal	
L6	63	36,03	36,43	36,43	36,43	36,43	36,43	36,43	0,13	0,36	99,64	Normal	
P6	63	36,06	36,77	36,77	36,77	36,77	36,77	36,77	0,17	0,46	99,54	Normal	
% Rata-rata									36,97	0,43	1,19	98,81	Normal

Berdasarkan data pada tabel 5 pengukuran suhu tubuh dilakukan kepada 12 orang sebagai sampel uji, dimana ke 12 orang tersebut memiliki jenjang usia yang berbeda seperti yang ditampilkan pada tabel. Setiap sampel dilakukan pengukuran sebanyak 5 kali untuk melihat perbandingan antara pengukuran data pertama sampai ke lima dan mencari nilai rata-rata serta menguji kinerja dari sensor suhu. Dari data pada tabel, rata-rata presisi yang diperoleh cukup baik yaitu sebesar 0,43%, dengan nilai suhu rata-rata sebesar 36,97 °C, dan rata-rata keterangan yang diperoleh dari pengukuran yaitu suhu tubuh semua sampel dalam keadaan normal sehingga alat ukur yang dibuat bisa digunakan karena memiliki tingkat akurasi terhadap alat pembanding rata – rata persentase yang didapatkan sebesar 98,81%.

Pengukuran detak jantung

Proses pengukuran detak jantung telah dilakukan dan berjalan dengan baik, pengukuran dilakukan dengan menggunakan 12 orang sebagai sampel uji. Dalam penelitian yang telah dilakukan, untuk mengukur detak jantung, peneliti dapat melakukan pengukuran dengan dua buah cara yaitu dengan menggunakan Pulse sensor dan menggunakan sensor MPX5700DP, tetapi berdasarkan data hasil penelitian yang telah dilakukan pengukuran detak jantung menggunakan Pulse sensor memiliki tingkat akurasi dan presisi lebih baik dibandingkan dengan pengukuran BPM menggunakan sensor MPX5700DP, sehingga dalam penelitian ini untuk pengukuran BPM peneliti menggunakan data yang diperoleh dari pengukuran menggunakan Pulse sensor. Untuk pengukuran BPM menggunakan Pulse sensor, digunakan alat pembanding yaitu Oximeter digital.

Tabel 6. Hasil Pengujian detak Jantung (Pulse Sensor)

Nama	Umur	Pulse oximeter (BPM)	Alat Ukur Dibuat (BPM)					Rata-Rata (BPM)	Δ (BPM)	Error (%)	Akurasi (%)	Ket	
			1	2	3	4	5						
L1	14	75,00	76,00	76,00	76,00	76,00	76,00	1,00	1,33	98,67	Normal		
P1	18	84,00	83,00	83,00	83,00	83,00	83,00	83,00	1,00	1,19	98,81	Normal	
L2	22	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	0,00	0,00	100,00	Normal	
P2	24	95,00	96,00	96,00	96,00	96,00	96,00	96,00	1,00	1,05	98,95	Normal	
L3	32	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	0,00	0,00	100,00	Normal	
P3	36	83,00	81,00	81,00	81,00	81,00	81,00	81,00	2,00	2,41	97,59	Normal	
L4	40	89,00	88,00	88,00	88,00	88,00	88,00	88,00	1,00	1,12	98,88	Normal	
P4	45	76,00	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	1,00	1,32	98,68	Normal	
L5	50	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	0,00	0,00	100,00	Normal	
P5	52	70,00	68,00	68,00	68,00	68,00	68,00	68,00	2,00	2,86	97,14	Normal	
L6	63	65,00	66,00	66,00	66,00	66,00	66,00	66,00	1,00	1,54	98,46	Normal	
P6	63	75,00	74,00	74,00	74,00	74,00	74,00	74,00	1,00	1,33	98,67	Normal	
% Rata-rata									80,42	0,92	1,18	98,82	Normal

Berdasarkan data pada tabel 6 pengukuran detak jantung juga dilakukan kepada 12 orang sebagai sample uji, dimana ke 12 orang tersebut memiliki jenjang usia yang berbeda hal ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh usia terhadap nilai normal dari detak jantung. Setiap sampel dilakukan pengukuran sebanyak 5 kali untuk menguji kinerja tingkat presisi sensor suhu. Dari data pada tabel, rata-rata presisi yang diperoleh cukup baik yaitu sebesar 0,92%, dengan nilai detak jantung rata-rata sebesar 80,42 BPM, dan rata-rata keterangan yang diperoleh dari pengukuran yaitu semua sampel detak jantung dalam keadaan normal sehingga alat ukur yang dibuat bisa digunakan meskipun nilai rata – rata persen error yang didapatkan bernilai 1.18% dan rata-rata akurasi pengukuran sebesar 98,82%.

Pengukuran tekanan darah sistolik pada sensor MPX5700DP

Pengujian sistem pengukuran sensor tekanan darah dilakukan menggunakan pompa udara, manset (hand cuff). Pompa udara akan memompa udara ke dalam manset, sementara sensor tekanan MPX5700DP yang mendeteksi tekanan udara di dalam manset akan secara terus menerus memantau tekanan hingga mencapai tekanan 180 mmhg. Selanjutnya, valve dibuka perlahan dan tekanan pada manset akan secara perlahan turun. Pada saat tekanan turun, kekuatan manset menekan pembuluh darah juga akan turun sehingga pembuluh nadi kembali melebar dan aliran darah berjalan normal. Saat terdengar denyut nadi untuk pertama kalinya, tekanan pada manset perlahan – lahan akan berubah dan perubahan tekanan akan terdeteksi oleh sensor tekanan MPX5700DP yang kemudian di proses oleh Arduino sebagai tekanan MPX5700DP sebagai tekanan systole dan akan dideteksi oleh Arduino. Berikut adalah data pengujian pada sensor MPX5700DP dengan alat pembanding tensimeter digital, data hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 7.

Data pada tabel 7 menunjukkan nilai systole dari setiap sampel dan dilakukan pengujian sebanyak 5 kali untuk setiap sampel agar dapat melihat perbandingan antara data pengukuran ke satu sampai data ke lima untuk mengetahui nilai presisi dari alat ukur untuk parameter sistole. Data–data yang terdapat pada tabel adalah data yang didapat dari tampilan aplikasi Delphi 7. Data tersebut merupakan data analog dari sensor tekanan yang dirubah menjadi digital oleh Arduino dan merupakan komunikasi serial dengan pengiriman data per-bitnya secara berurutan dan bergantian.

Tabel 7. Hasil pengujian tekanan darah (Sistole)

Nama	Umur	Nilai Sistole alat Pembanding (mmHg)	Nilai Sistole alat (mmHg)					Rata-Rata (mmHg)	ΔP (mmhg)	Error (%)	Akurasi (%)	Ket
			1	2	3	4	5					
L1	14	115,00	118,00	118,00	118,00	118,00	118,00	118,00	3,00	2,61	97,39	Normal
P1	18	96,00	99,00	94,00	94,00	99,00	99,00	97,00	1,00	1,04	98,96	Rendah
L2	22	103,00	105,00	105,00	102,00	105,00	109,00	105,02	2,02	2,14	97,86	Hampir rendah
P2	24	105,00	107,00	107,00	107,00	106,00	107,00	106,08	1,08	1,71	98,29	Hampir rendah
L3	32	120,00	124,00	120,00	126,00	124,00	127,00	124,02	4,02	3,50	96,50	Normal
P3	36	116,00	118,00	123,00	118,00	121,00	122,00	120,04	4,04	3,79	96,21	Normal
L4	40	117,00	118,00	113,00	118,00	119,00	118,00	117,02	0,02	0,17	99,83	Normal
P4	45	160,00	165,00	162,00	165,00	165,00	168,00	165,00	5,00	3,13	96,88	Tinggi
L5	50	142,00	143,00	143,00	145,00	143,00	144,00	143,06	1,06	1,13	98,87	Tinggi
P5	52	109,00	111,00	111,00	101,00	112,00	111,00	109,02	0,02	0,18	99,82	Hampir rendah
L6	63	138,00	140,00	140,00	140,00	142,00	140,00	140,04	2,04	1,74	98,26	Normal
P6	63	126,00	124,00	124,00	125,00	120,00	124,00	123,04	2,06	2,06	97,94	Normal
% Rata-rata								122,53	2,38	1,93	98,07	Normal

Tabel 7 telah menjelaskan pengujian alat yang diukur adalah tekanan darah, hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai rata–rata yang didapatkan pada tekanan darah sistole sebesar 122,53 mmhg dengan rata-rata tingkat presisi sebesar 2,38%. Dari tabel dapat dilihat juga perbandingan pada alat ukur standar dengan alat ukur yang dibuat memiliki nilai error rata-rata adalah 1,93%. Dari hasil pengujian pada tabel setelah dilakukan penentuan nilai error berdasarkan usia berdasarkan standar who diperoleh

keterangan nilai pengukuran untuk usia diatas 36 tahun rata-rata normal, sedangkan untuk dibawah 30 tahun kebawah keterangan cenderung menuju ke status rendah, tapi secara keseluruhan rata-rata keterangan nilai yang diperoleh adalah normal sehingga alat ukur yang dibuat bisa digunakan dan nilai rata – rata dari persen akurasi yang bernilai sebesar 98,07%. Gambar 20. Grafik perbandingan nilai tekanan darah sistole dengan sitole pada Tensimeter digital.

Pengukuran tekanan darah diastolik pada sensor MPX5700DP

Proses pengukuran tekanan darah diastole telah dilakukan dan berjalan dengan baik, uji coba dilakukan dengan menggunakan 12 orang sebagai sample uji. Pada pengukuran ini digunakan alat pembanding yaitu tensimeter digital. Berikut adalah data pengujian alat dan kalibrasi pengukuran pada sensor MPX5700DP dengan alat pembanding tensimeter analog, data hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Hasil Pengujian tekanan darah (Diastole)

Nama	Umur	OMRON Tensimeter (mmHg)	Alat Ukur yang Dibuat Dyastole (mmHg)					Data Rata-Rata (mmHg)	ΔP (mmHg)	Error (%)	Akurasi (%)	Ket
			1	2	3	4	5					
L1	14	75,00	83,00	81,00	79,00	79,00	79,00	80,02	5,02	6,93	93,07	Hampir tinggi
P1	18	53,00	50,00	55,00	57,00	58,00	55,00	55,00	2,00	3,77	96,23	Rendah
L2	22	63,00	65,00	66,00	65,00	65,00	65,00	65,02	2,02	3,49	96,51	Hampir rendah
P2	24	68,00	65,00	69,00	68,00	71,00	68,00	68,02	0,02	0,29	99,71	Hampir rendah
L3	32	67,00	70,00	68,00	65,00	67,00	67,00	67,04	0,04	0,60	99,40	Rendah
P3	36	72,00	92,00	92,00	85,00	85,00	86,00	88,00	16,00	22,22	77,78	Tinggi
L4	40	77,00	76,00	76,00	76,00	76,00	76,00	76,00	1,00	1,30	98,70	Normal
P4	45	98,00	98,00	98,00	98,00	98,00	98,00	98,00	0,00	0,00	100,00	Hampir tinggi
L5	50	104,00	103,00	101,00	103,00	105,00	103,00	103,00	1,00	0,96	99,04	Tinggi
P5	52	68,00	71,00	71,00	71,00	69,00	71,00	70,06	2,06	3,82	96,18	Rendah
L6	63	83,00	85,00	88,00	85,00	84,00	85,00	85,04	2,04	2,89	97,11	Normal
P6	63	85,00	80,00	80,00	82,00	82,00	82,00	81,02	3,08	4,47	95,53	Normal
% Rata-rata								78,18	3,07	4,23	95,77	Normal

Pada tabel 8 merupakan nilai hasil pengukuran diastole untuk masing – masing orang yang dilakukan sebanyak 5 kali, untuk melihat hasil pengukuran yang mendekati nilai dari alat ukur pembanding dengan mengukur diastole setiap orang untuk melihat perbandingan antara pengukuran pertama kali sampai kelima dan mencari nilai rata – rata presisi dari hasil ukur yaitu 3,07%. Dari tabel dapat dilihat perbandingan pada alat ukur standar dengan alat ukur yang dibuat memiliki nilai yang didapat dalam tabel dengan persentase akurasi rata-rata sebesar 95,77%, dan rata-rata keterangan hasil pengukuran adalah normal, apabila dilihat dari umur orang dengan nilai yang diperoleh semua hampir berbeda sehingga alat ukur yang dibuat bisa digunakan dan nilai rata – rata persen error yang didapatkan sebesar 4,23%.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa Rancang bangun alat ukur suhu, detak jantung dan tekanan darah pada manusia dalam satu sistem pengukuran telah berhasil dibangun menggunakan sensor MLX90614 untuk suhu tubuh, Pulse sensor untuk mengukur detak jantung dalam BPM, dan sensor MPX5700DP untuk mengukur tekanan darah pada manusia. Rancang bangun sistem perangkat lunak untuk menampilkan data hasil pengukuran telah berhasil dibangun menggunakan aplikasi Delphi 7, dimana berdasarkan hasil pembahasan dan analisis data pada bab iv dan bab v, sistem yang dibuat dapat menampilkan data hasil pengukuran dan

menaganalisis data untuk menentukan kondisi dari nilai parameter kesehatan yang terukur dengan baik dan dapat digunakan untuk membaca hasil pengukuran suhu tubuh, detak jantung dan tekanan darah.

Saran

Dalam suatu penelitian tidak terlepas dari kekurangan maka, ada beberapa saran untuk penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan penelitian ini sebagai berikut:

Dalam mengukur tekanan darah digunakan sensor tekanan lain yang memiliki spesifikasi dan sensitifitas yang lebih baik, sehingga boleh dikembangkan lebih baik lagi. Lebih baik lagi kalau dalam kalibrasi dan proses pengukuran dilakukan di rumah sakit atau tempat kesehatan yang memiliki alat pembanding yang lebih akurat. Ditambahkan LCD untuk mempermudah pembacaan data.

DAFTAR PUSTAKA

1. Wikipedia. (2019). Kesehatan. <https://id.wikipedia.org>
2. Alia, Setia, Graha. (2010). *Adaptasi suhu tubuh terhadap latihan dan efek cedera di cuaca panas dan dingin*. Universitas Negeri Yogyakarta: Indonesia.
3. Maickel, Ocean. (2018). Pengukuran suhu dengan sensor suhu MLX90614 berbasis arduino. https://repository.usd.ac.id/34082/2/135114047_full.pdf, 26-27.
4. Situmeang., Alona., Anggietta.K., Yuliza. (2020). Rancang bangun alat pengukur tekanan darah dan denyut jantung berbasis arduino nano dengan bentuk keluaran teks, suara & cahaya. *Teknik Elektro, Universitas Gunadarma: Depok*.
5. Starry Homenta Rampengan. (2015). *Kegawatdaruratan jantung*. Jakarta: Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia.
6. Kursuselektronikaku. (2016, November). Mengakses Sensor tekanan udara MPX 5700DP // - MPX 5700AP dan Water Flow Sensor ARDUINO. <http://kursuselektronikaku.blogspot.com/2016/11/mengakses-sensor-mpx5700dp-dan-water.html>.
7. Soeprijatno, D. (2013). Sphygmomanometer atau tensimeter. <https://djoko.soeprijanto.blogspot.com/2013/04/sphygmomanometer.html>, 1.
8. Alldatasheet.com. (2003). <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/5187/MOTOROLA/MPX5700DP.html>. Article, 2-5.
9. Biroyu, Inovasi, Technology. (2018, June 23). tutorial komunikasi serial arduino dan delphi bag. 1. <https://biroyuinnovasitech.blogspot.com/2018/06/tutorial-komunikasi-serial-arduino-dan-delphi-bag-1.html>.
10. Adi, Sanjaya. (2017, February 21). Terima data Serial melalui usb port dengan delphi 7+ com port (delphi vs arduino). <http://blog.adisanjaya.com/2017/02/terima-data-serial-melalui-usb-port.html>

EKSPERIMEN GERAK JATUH BEBAS BERBASIS SMARTPHONE MENGUNAKAN APLIKASI PHYPHOX

Infianto Boimau, Anggi Y. Boimau, Williams Liu

Program Studi Pendidikan Fisika, STKIP Soe, TTS, 85511, Indonesia

E-mail: infantoboimau@gmail.com

Abstrak

Telah dilakukan eksperimen gerak jatuh bebas berbasis *smartphone* dengan memanfaatkan aplikasi *phyphox*. Eksperimen ini menggunakan fitur *acoustic stopwatch* untuk mengukur waktu yang diperlukan benda dalam gerak jatuh bebas. Setup eksperimen terdiri dari *smartphone*, neraca, mistar, statif, *hanging magnet*, *buzzer*, dan benda berupa bola besi dengan massa yang bervariasi. Variabel yang diukur dalam eksperimen ini adalah waktu, ketinggian, dan massa benda. Prinsip pengukuran waktu menggunakan *acoustic stopwatch* yaitu ketika benda jatuh maka *buzzer* akan berbunyi dan memberikan input ke *stopwatch* untuk memulai pengukuran dan ketika benda sampai dipermukaan bidang maka bola akan menumbuk landasan statif dari besi sehingga membangkitkan bunyi dan menjadi input bagi *stopwatch* untuk menghentikan pengukuran. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa ketinggian benda sebanding dengan kuadrat waktu tempuh, kuadrat kelajuan benda sebanding dengan ketinggian, dan massa benda tidak berpengaruh terhadap kelajuan ketika benda yang mengalami gerak jatuh bebas. Sedangkan percepatan gravitasi bumi yang diperoleh dalam eksperimen ini adalah sebesar $9.805 \pm 0.043 \text{ m/s}^2$ dengan persentase kesalahan relatif sebesar 0.05% jika dibandingkan dengan nilai teoritik sebesar 9.8 m/s^2 .

Kata kunci: gerak jatuh bebas, *phyphox*, *smartphone*; *acoustic stopwatch*

Abstract

[Smartphone-Based Free Falls Experiment Using Phyphox Application] *Smartphone-based free fall experiment has been carried out using the phyphox application. This experiment uses the acoustic stopwatch feature to measure the time it takes an object in free fall. The experimental setup consists of a smartphone, balance, ruler, stand, hanging magnet, buzzer, and objects in the form of iron balls with varying masses. The variables measured in this experiment are time, altitude, and object mass. The principle of measuring time using an acoustic stopwatch in the phyphox application is when the object falls, the buzzer will sound and provide input to the stopwatch to start the measurement and when the object reaches the surface of the field, the ball will hit a certain material that generates sound and becomes input for the stopwatch to stop the measurement. The experimental results show that the object's height is proportional to the square of the travel time, the square of the object's speed is proportional to the height, and the object's mass has no effect on the speed of the object. While the acceleration due to gravity obtained in this experiment is $9.805 \pm 0.043 \text{ m/s}^2$ with a relative error percentage of 0.05% when compared to the theoretical value of 9.8 m/s^2 .*

Keywords: *free falls; phyphox; smartphone; acoustic stopwatch*

PENDAHULUAN

Gerak jatuh bebas merupakan salah satu materi dasar dalam kinematika gerak. Pemahaman terkait konsep-konsep gerak jatuh bebas dapat dipelajari melalui percobaan fisika dengan menentukan hubungan antara variabel. Variabel-variabel fisis dalam konsep gerak jatuh bebas, antara lain: waktu tempuh, ketinggian benda, kelajuan, dan percepatan benda. Pada kasus gerak jatuh bebas, percepatan yang dialami benda merupakan nilai percepatan gravitasi bumi. Metode gerak jatuh bebas dapat pula digunakan untuk mengukur percepatan gravitasi bumi. Alat ukur yang paling umum digunakan untuk melakukan percobaan dalam menyelidiki konsep-konsep gerak jatuh bebas, yaitu *stopwatch* untuk mengukur waktu dan mistar untuk mengukur ketinggian benda. Permasalahan yang dihadapi dalam percobaan gerak jatuh bebas yaitu ketelitian *stopwatch* yang digunakan masih rendah dan sistem pengukuran yang masih manual sehingga menghasilkan pengukuran dengan akurasi dan presisi yang rendah [1][2][3]. Banyak studi telah dilakukan untuk mengembangkan pengukuran yang lebih akurat dan presisi dengan memanfaatkan berbagai device dengan ketelitian pengukuran tinggi serta mampu melakukan pengukuran secara otomatis.

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi menghasilkan berbagai perangkat elektronik yang membantu dalam mengembangkan alat ukur dengan akurasi tinggi dan otomatis dalam pengukuran menggunakan sensor dan mikrokontroler/ arduino [4][5][6]. Selain itu, penggunaan aplikasi-aplikasi yang berbasis komputer seperti audacity dan tracker mampu membantu dalam meningkatkan akurasi dan analisis data yang lebih kompleks [3][7][8]. Namun, saat ini juga telah berkembang pengukuran-pengukuran besaran fisis berbasis smartphone dengan akurasi tinggi [9]. Aplikasi-aplikasi berbasis smartphone/android telah dikembangkan pula untuk memanfaatkan internal sensor yang ditanamkan pada smartphone seperti sensor percepatan, sensor bunyi, sensor magnetik, sensor cahaya, gyroskop, dan berbagai sensor lain [10][11][12]. Dengan berbagai aplikasi tersebut smartphone dapat digunakan sebagai device yang mampu menyediakan berbagai alat ukur untuk melakukan kegiatan percobaan dengan berbagai keuntungan antara lain: biaya murah, akurasi tinggi, dapat dilakukan di luar kelas/ di mana saja, dan membuka peluang untuk melakukan berbagai inovasi bagi pengguna yang melakukan eksperimen[13][14].

Salah satu aplikasi berbasis android yang dikembangkan untuk memanfaatkan sensor-sensor internal dalam smartphone untuk melakukan berbagai percobaan fisika yaitu phyphox. Aplikasi phyphox memiliki beberapa kelebihan dalam melakukan percobaan yaitu sensor dalam smartphone dapat digunakan melakukan pengukuran terhadap berbagai besaran fisika dan data hasil pengukuran dapat disajikan dalam grafik secara real time [15]. Dua permasalahan utama dalam implementasi smartphone sebagai device pengukuran besaran fisika yang dapat diatasi menggunakan aplikasi phyphox, yaitu: (1) smartphone itu sendiri tidak dapat diakses karena merupakan bagian dari setup eksperimen sehingga phyphox menyediakan akses data jarak jauh (*remote access*) dan (2) data hasil akuisisi tidak dapat dipahami sampai dianalisis di komputer sehingga phyphox menyediakan data analisis dalam bentuk grafik secara real time [16]. Berbagai eksperimen fisika yang telah dilakukan dengan memanfaatkan aplikasi phyphox, antara lain: eksperimen mekanika, bunyi, optik, tekanan, dan magnetik [15]. Selain itu, phyphox sangat ideal untuk pembelajaran berorientasi proyek. Khususnya dalam kombinasi dengan modul sensor berbasis mikrokontroler/arduino dan phyphox juga menawarkan cara unik untuk digabungkan dengan disiplin STEM [17].

Eksperimen untuk menyelidiki gerak jatuh bebas maupun menentukan percepatan gravitasi bumi dengan menggunakan aplikasi phyphox telah dilakukan dengan memanfaatkan *acoustic stopwatch* dalam mengukur waktu. Studi yang dilakukan oleh Bara, *et al* (2021) memanfaatkan *acoustic stopwatch* untuk mengukur waktu dan menghitung percepatan gravitasi bumi [18]. Selain itu, studi yang sama dilakukan Kittiravechote & Sujarittam (2020) untuk menyelidiki konsep-konsep gerak jatuh bebas dan mengukur percepatan gravitasi bumi [19]. Kedua studi ini menunjukkan hasil pengukuran dengan akurasi yang tinggi terhadap nilai percepatan gravitasi bumi yang diperoleh. Namun demikian, eksperimen fisika yang dilakukan dalam studi ini menggunakan koreksi terhadap perhitungan waktu yang akan dicacah oleh *acoustic stopwatch* dengan mempertimbangkan waktu yang dibutuhkan gelombang bunyi untuk merambat sampai ke stopwatch. Hal ini akan berpengaruh besar ketika ketinggian benda dan smartphone semakin tinggi maka koreksi terhadap waktu diperlukan untuk menghasilkan pengukuran yang lebih akurat dalam menentukan percepatan gravitasi bumi.

GERAK JATUH BEBAS

Gerak jatuh bebas adalah gerak jatuh benda pada arah vertikal dari ketinggian tertentu tanpa kecepatan awal. Peristiwa gerak jatuh bebas dipengaruhi oleh gaya gravitasi bumi sehingga benda bergerak dipercepat dengan nilai sebesar percepatan gravitasi bumi (g) [1]. Gerak jatuh bebas merupakan contoh gerak vertikal dengan percepatan konstan [19]. Dalam gerak jatuh bebas, gesekan dan gaya Archimedes terhadap udara diabaikan sehingga dapat dikatakan bahwa gerak jatuh bebas terjadi dalam ruang hampa [8][20]. Apabila sebuah benda jatuh bebas dari ketinggian h , secara matematis dirumuskan hubungan ketinggian, waktu tempuh, kelajuan benda, dan percepatan gravitasi adalah [3][21][22]:

$$v = gt \quad (1)$$

$$h = \frac{1}{2}gt^2 \quad (2)$$

$$v = \sqrt{2gh} \quad (3)$$

dimana v adalah kelajuan benda (m/s), t adalah waktu tempuh (s), g adalah percepatan gravitasi bumi (m/s^2), dan h adalah ketinggian benda (m).

Misalkan sebuah perangkat dikembangkan untuk menyelidiki gerak jatuh bebas dan mengukur percepatan gravitasi bumi seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Benda dijatuhkan dari ketinggian h dan waktu tempuh diukur menggunakan stopwatch yang diletakan pada bagian B sejauh H . Anggap stopwatch bekerja menggunakan sistem bunyi (*acoustic*) yang maka untuk memulai dan menghentikan pengukuran waktu akan dikendalikan oleh bunyi yang dibangkitkan sistem. Bunyi yang dihasilkan untuk memulai pengukuran terletak pada bagian A sistem sedangkan bunyi yang dibangkitkan untuk menghentikan pengukuran dihasilkan pada permukaan bidang (akibat tumbukan). Jika demikian, maka waktu yang terukur oleh stopwatch memiliki koreksi yang secara matematis dituliskan menjadi:

$$t = t' - \frac{H}{340} \quad (4)$$

dimana t adalah waktu terkoreksi dalam pengukuran (s), t' waktu yang terukur pada stopwatch (s), dan H adalah ketinggian/ posisi stopwatch. Untuk menentukan percepatan gravitasi bumi menggunakan sistem ini maka substitusikan Pers. (4) ke Pers. (2) sehingga diperoleh:

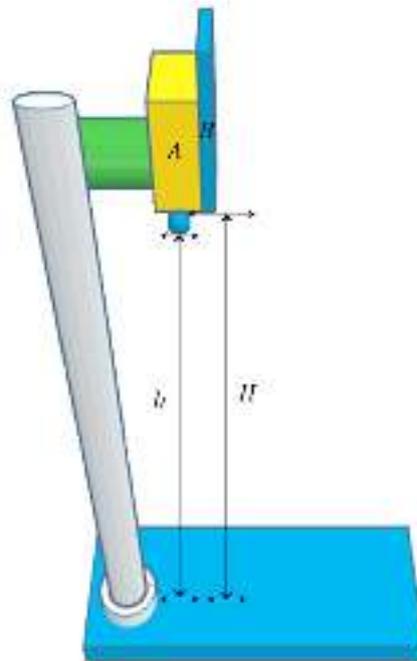
$$g = \frac{2h}{\left(t' - \frac{H}{340}\right)^2} \quad (5)$$

Sedangkan ralat dan kesalahan penentuan percepatan gravitasi bumi ditentukan oleh persamaan:

$$\Delta g = \sqrt{\left(\frac{\partial g}{\partial h}\right)^2 (\Delta h)^2 + \left(\frac{\partial g}{\partial t'}\right)^2 (\Delta t')^2 + \left(\frac{\partial g}{\partial H}\right)^2 (\Delta H)^2} \quad (6)$$

$$\% \text{ error} = \left| \frac{g_{\text{eksperimen}} - g_{\text{teori}}}{g_{\text{teori}}} \right| \times 100\% \quad (7)$$

dengan nilai percepatan gravitasi bumi secara teoritis adalah 9.8 m/s^2 [4].



Gambar 1. Perangkat yang dikembangkan untuk menyelidiki gerak jatuh bebas

METODE

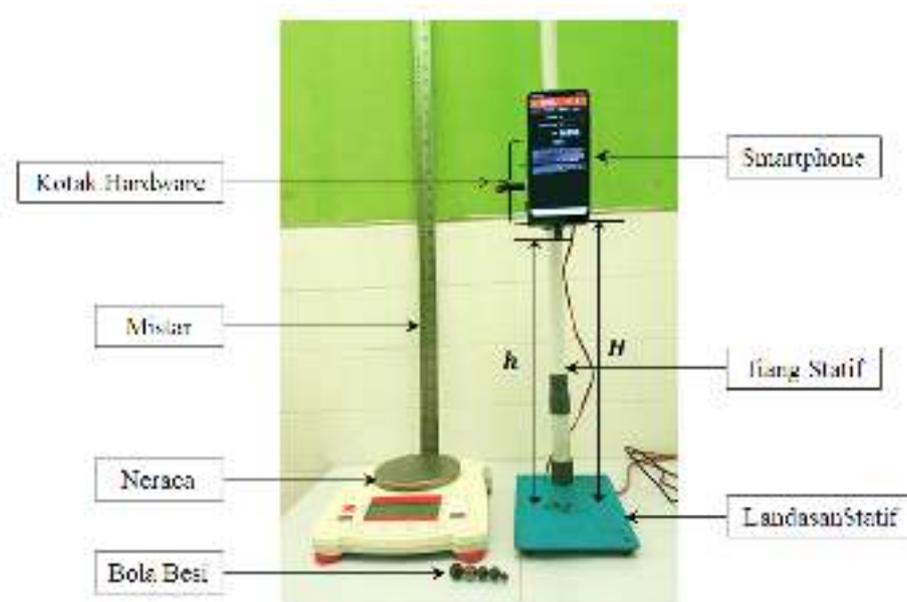
Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam percobaan ini, antara lain: neraca, mistar, smartphone, statif, dan bola besi berbagai ukuran. Neraca digunakan untuk mengukur massa benda dengan ketelitian 0.01 gr . Mistar digunakan untuk mengukur ketinggian benda dengan ketelitian 1 mm . Smartphone digunakan sebagai alat untuk mengukur waktu (*stopwatch*) dengan memanfaatkan aplikasi *phyphox*. Stopwatch tersebut bekerja dengan memanfaatkan bunyi (*acoustic stopwatch*) sebagai *trigger* untuk memulai dan menghentikan pengukuran. Stopwatch yang digunakan dalam percobaan ini memiliki ketelitian sebesar 0.001 s . Statif sebagai sistem mekanik yang berfungsi untuk melakukan variasi dalam pengukuran dengan

merubah-ubah ketinggian benda. Sedangkan bola besi yang digunakan dalam percobaan ini memiliki massa masing-masing sebesar 1.98 gr, 6.98 gr, 8.21 gr, 8.25 gr, 11.74 gr, dan 13.86 gr.

Setup Percobaan

Setup percobaan gerak jatuh bebas yang dikembangkan ditunjukkan pada Gambar 2. Setup percobaan yang dikembangkan harus *men-trigger* stopwatch untuk membangkitkan bunyi sehingga pengukuran waktu dapat dimulai maupun dihentikan. Selain itu, setup percobaan ini didesain untuk menjatuhkan benda secara otomatis dan pada saat yang sama bunyi juga dibangkitkan sehingga pengukuran dapat dimulai. Untuk merealisasikan hal tersebut maka didesain sistem perangkat keras seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Sistem ini bekerja dengan prinsip ketika *pushbutton* ditekan maka *buzzer* akan berbunyi dan arus yang mengalir pada kumparan akan hilang sehingga benda jatuh dan pengukuran waktu akan dimulai. Sedangkan untuk menghentikan pengukuran waktu dilakukan dengan benda yang jatuh akan menunbuk permukaan statif yang terbuat dari besi sehingga membangkitkan bunyi yang *men-trigger* stopwatch untuk menghentikan pengukuran.



Gambar 2. Setup percobaan gerak jatuh bebas menggunakan aplikasi phyphox

Pengumpulan Data

Variabel-variabel yang diukur dalam percobaan ini, antara lain: ketinggian benda, ketinggian smartphone, waktu tempuh bola, dan massa benda. Pengumpulan data dilakukan dengan melakukan variasi terhadap ketinggian benda lalu mengukur waktu tempuh, sedangkan massa benda dibuat tetap. Selain itu, pengukuran waktu juga dilakukan dengan melakukan variasi pada massa benda dengan ketinggian benda adalah tetap.

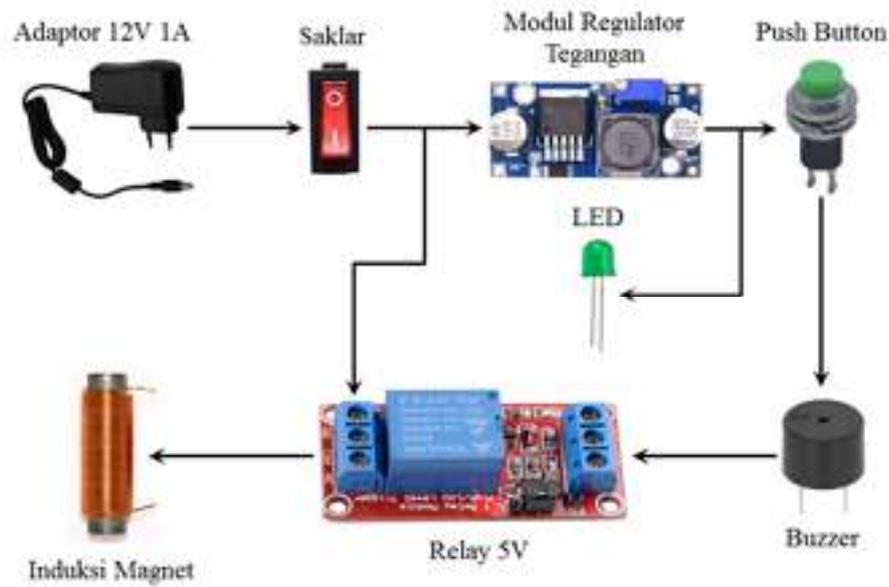
Analisis Data

Variabel-variabel yang dihitung dalam penelitian ini, antara lain: laju benda dan nilai percepatan gravitasi bumi. Perhitungan laju benda dan percepatan gravitasi bumi dianalisis menggunakan teori ralat. Analisis data juga dilakukan menggunakan teknik regresi untuk mencari hubungan antara ketinggian benda dan waktu tempuh, kelajuan benda dan waktu tempuh, serta kelajuan benda dan ketinggian. Selain itu, melalui tabulasi data akan dianalisis pengaruh massa benda terhadap waktu tempuh dalam gerak jatuh bebas.

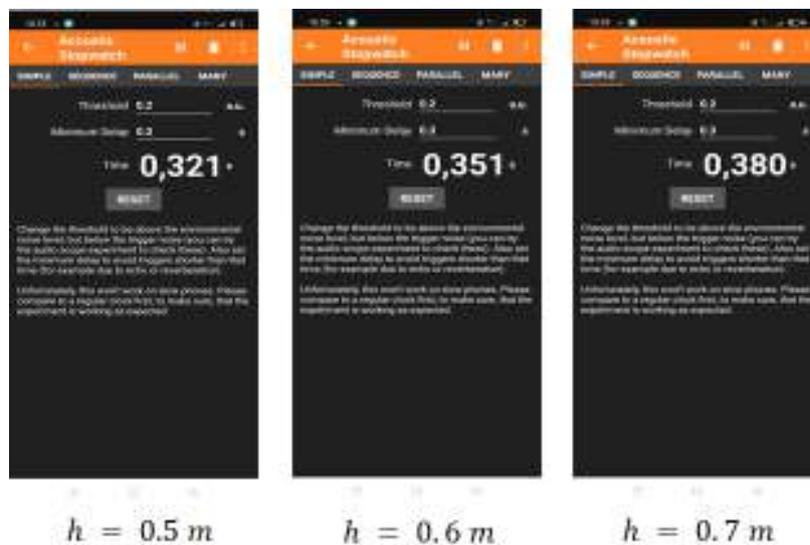
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyelidikan gerak jatuh bebas dalam percobaan ini memanfaatkan *acoustic stopwatch* pada smartphone sebagai alat untuk mengukur waktu tempuh benda secara otomatis. Hasil akuisisi data menggunakan aplikasi phyphox dalam percobaan ini ditunjukkan pada Gambar 4. Untuk menentukan

percepatan gravitasi bumi dalam percobaan ini dilakukan pengumpulan data dengan melakukan variasi terhadap ketinggian benda, sedangkan massa benda yang digunakan adalah tetap. Dalam studi ini, pengukuran dilakukan dari ketinggian 0.1 m sampai 1 m dan massa benda yang digunakan adalah 8.25 gr. Hasil pengumpulan dan analisis data untuk menentukan percepatan gravitasi bumi disajikan dalam Tabel 1. Nilai percepatan gravitasi bumi dihitung menggunakan Pers. (5) sedangkan nilai ketidakpastian menggunakan Pers. (6). Dalam eksperimen ini nilai percepatan gravitasi bumi ditentukan dengan menambahkan koreksi berupa waktu yang diperlukan oleh bunyi untuk merambat dari landasan statif sampai smartphone seperti yang ditunjukkan pada Pers. (4).



Gambar 3. Desain perangkat keras percobaan gerak jatuh bebas yang dikembangkan



Gambar 4. Hasil akuisisi data menggunakan aplikasi phyphox

Hasil analisis data menunjukkan rerata nilai percepatan gravitasi yang diperoleh dalam percobaan ini adalah $9.805 \pm 0.043 \text{ m/s}^2$. Hasil analisis yang diperoleh menunjukkan presisi pengukuran nilai percepatan gravitasi bumi dalam percobaan ini sebesar 0.44%. Sedangkan persentase kesalahan relatif hasil pengukuran nilai percepatan gravitasi bumi adalah sebesar 0.05%. Hasil ini menunjukkan akurasi pengukuran yang tinggi jika dibandingkan dengan nilai teoritik sebesar 9.8 m/s^2 . Hasil yang diperoleh

dalam studi ini sejalan dengan hasil pengukuran yang dilakukan oleh Kittiravechote & Sujarittam (2020) dengan menggunakan *acoustic stopwatch* berbasis aplikasi phyphox pada kasus gerak jatuh bebas diperoleh nilai percepatan gravitasi bumi sebesar 9.760 m/s^2 dengan persentase kesalahan sebesar 0.23% [19]. Selain itu, studi yang dilakukan oleh Bara, *et al* (2021) dengan memanfaatkan *acoustic stopwatch* berbasis aplikasi phyphox diperoleh hasil pengukuran percepatan gravitasi bumi pada kasus gerak jatuh bebas sebesar 10 m/s^2 [18].

Tabel 1. Hasil percobaan menggunakan *acoustic stopwatch* pada aplikasi phyphox

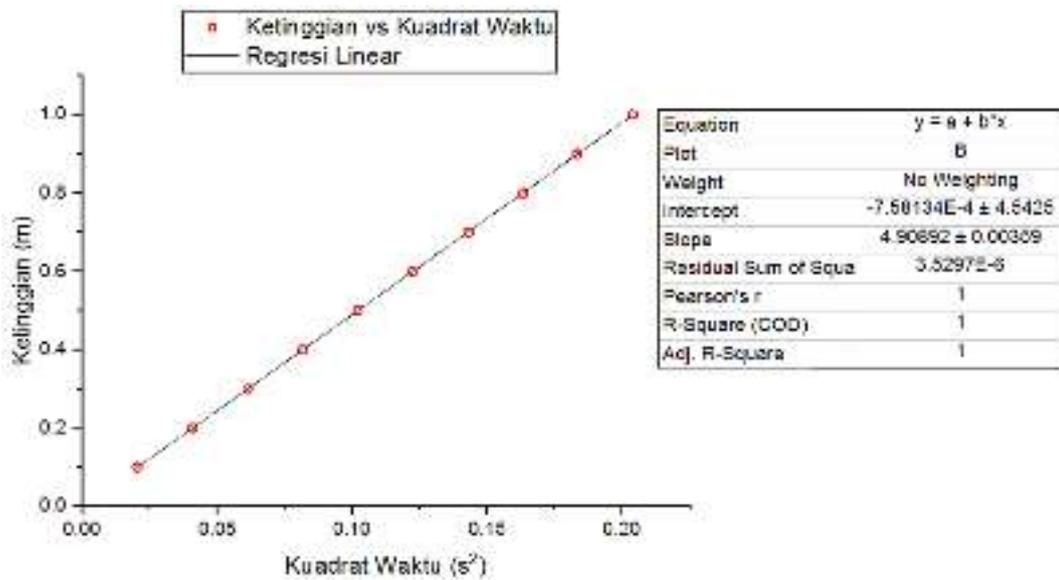
Ketinggian Benda (m)	Ketinggian Smartphone (m)	Rerata Waktu (s)	g (m/s ²)
0.1	0.120	0.143	9.801 ± 0.074
0.2	0.220	0.203	9.788 ± 0.063
0.3	0.320	0.249	9.782 ± 0.065
0.4	0.413	0.287	9.795 ± 0.054
0.5	0.520	0.321	9.798 ± 0.040
0.6	0.620	0.352	9.814 ± 0.029
0.7	0.720	0.380	9.815 ± 0.040
0.8	0.820	0.406	9.804 ± 0.025
0.9	0.920	0.431	9.817 ± 0.015
1.0	0.102	0.454	9.815 ± 0.022
Rerata			9.805 ± 0.043

Hubungan antar variabel pada kasus gerak jatuh bebas dapat diselidiki dalam percobaan ini dengan menganalisis data hasil pengukuran menggunakan analisis regresi. Hubungan antara ketinggian benda dan waktu tempuh dapat diselidiki dengan analisis regresi linear seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Hasil analisis memperlihatkan bahwa ketinggian benda sebanding dengan kuadrat waktu tempuh yang diformulasikan dalam bentuk persamaan $y = 4.90892x - 0.000758$, dimana y menyatakan ketinggian benda dan x menyatakan kuadrat waktu tempuh benda. Hasil yang diperoleh tersebut sesuai dengan kajian teoritik seperti yang dijelaskan pada Pers. (2) bahwa ketinggian benda sebanding dengan kuadrat waktu. Selain itu, hasil percobaan ini didukung dengan studi yang dilakukan oleh Yuningsih & Sardjito (2020) dalam menyelidiki gerak jatuh bebas yang dipengaruhi oleh gesekan udara yang memperlihatkan bahwa ketinggian benda sebanding dengan kuadrat waktu [20]. Hasil studi lain yang dilakukan oleh Kause & Boimau (2019) dalam mengembangkan alat peraga gerak jatuh bebas juga memperlihatkan hasil percobaan yang menunjukkan bahwa ketinggian benda sebanding dengan kuadrat waktu [4]. Nilai slope yang diperoleh dalam analisis regresi menunjukkan suku $(\frac{1}{2})g$ seperti dijelaskan dalam Pers. (2) sehingga dengan demikian dapat pula ditentukan nilai percepatan gravitasi sebesar 9.818 m/s^2 .

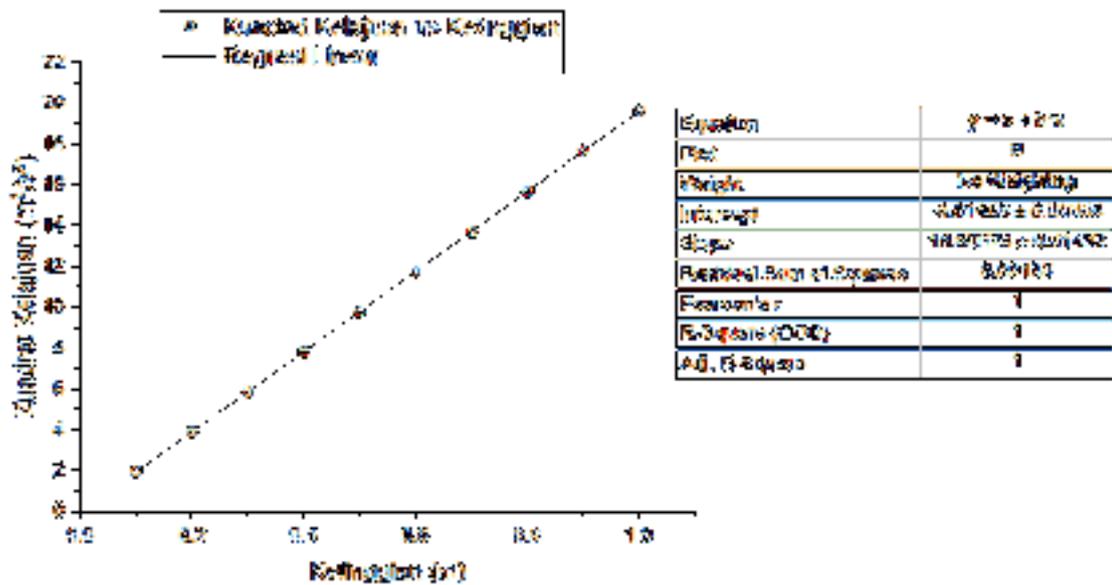
Pengaruh ketinggian terhadap kelajuan benda dapat pula diselidiki dalam percobaan ini dengan menggunakan analisis regresi. Hasil analisis regresi linear untuk menentukan pengaruh ketinggian terhadap kelajuan benda ditunjukkan pada Gambar 6. Hasil analisis memperlihatkan bahwa kuadrat kelajuan benda sebanding dengan ketinggian yang diformulasikan dalam persamaan $y = 19.63573x - 0.01489$ dimana y menyatakan kuadrat kelajuan dan x menyatakan ketinggian. Hasil tersebut sesuai dengan kajian teoritik seperti dijelaskan dalam Pers. (3). Hasil ini juga didukung dengan studi yang dilakukan oleh Boimau & Mellu (2019) untuk menentukan pengaruh ketinggian terhadap kelajuan benda dalam kasus gerak jatuh bebas diperoleh bahwa kelajuan benda sebanding dengan akar kuadrat ketinggian [23]. Nilai slope yang diperoleh dalam analisis regresi menyatakan suku $2g$ seperti dijelaskan dalam Pers. (3) sehingga dengan demikian dapat pula ditentukan nilai percepatan gravitasi yaitu sebesar 9.818 m/s^2 .

Pengaruh massa benda terhadap gerak jatuh bebas dianalisis dengan membandingkan waktu yang diperlukan benda ketika jatuh dari ketinggian tertentu yang sama. Pengukuran dalam percobaan ini menggunakan massa benda yang berbeda-beda dan dijatuhkan dari ketinggian 0.5 m. Hasil akuisisi data disajikan dalam bentuk tabulasi data seperti pada Tabel 2. Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa massa benda tidak berpengaruh terhadap kelajuan selama benda jatuh bebas. Hal ini dapat dilihat dari waktu yang diperlukan oleh benda yang massanya berbeda-beda ketika dijatuhkan dari ketinggian yang sama membutuhkan rerata waktu yang sama. Hasil eksperimen yang sama juga diperoleh Firdaus, *et al* (2019) bahwa ketika dua massa benda yang cukup jauh berbeda dijatuhkan tanpa kecepatan awal maka

waktu rata-rata yang diperoleh tidak jauh berbeda. Hal tersebut memperlihatkan massa tidak mempengaruhi kelajuan benda yang jatuh dengan asumsi hanya ada gaya gravitasi yang bekerja di atasnya [7].



Gambar 5. Grafik analisis ketinggian benda terhadap kuadrat waktu



Gambar 6. Grafik analisis kuadrat kelajuan terhadap ketinggian benda

Tabel 2. Tabulasi data pengaruh massa benda terhadap waktu tempuh

Massa Benda (gr)	Rerata Waktu (s)	Kelajuan (m/s)
1.98	0.319	3.126
6.98	0.319	3.126
8.21	0.319	3.126
8.25	0.321	3.146
11.74	0.320	3.136
13.86	0.320	3.136

SIMPULAN

Eksperimen fisika berbasis smartphone dengan memanfaatkan *acoustic stopwatch* pada aplikasi phyphox untuk menyelidiki konsep-konsep dalam gerak jatuh bebas dan menentukan nilai percepatan gravitasi bumi telah dilakukan. Pengukuran waktu tempuh dalam eksperimen ini menambahkan koreksi berupa waktu yang dibutuhkan gelombang bunyi untuk merambat dari landasan statif sampai ke smartphone. Hasil eksperimen yang diperoleh menunjukkan bahwa (1) ketinggian benda sebanding dengan kuadrat waktu tempuh, (2) kuadrat kelajuan sebanding dengan ketinggian benda, dan (3) massa benda tidak berpengaruh terhadap kelajuan ketika benda mengalami gerak jatuh bebas. Sedangkan percepatan gravitasi bumi yang diperoleh dalam eksperimen ini adalah sebesar $9.805 \pm 0.043 \text{ m/s}^2$ dengan persentase kesalahan relatif sebesar 0.05% jika dibandingkan dengan nilai teoritik sebesar 9.8 m/s^2 .

DAFTAR PUSTAKA

1. Y. Dasriyani, Hufri, and Yohandri, "Pembuatan Set Eksperimen Gerak Jatuh Bebas Berbasis Mikrokontroler Dengan Tampilan Pc," *Pillar Phys.*, vol. 5, no. 1, pp. 89–96, 2015.
2. Z. Azhar, "Pembuatan Alat Praktikum Digital Pada Konsep Gerak Jatuh Bebas Sebagai Media Pembelajaran Fisika," *Jurnal Ikatan Alumni Fisika Universitas Negeri Medan.*, vol. 4, no. 1, 2018.
3. S. Toda, M. Y. Mala Tati, Y. C. Bhoga, and R. B. Astro, "Penentuan Percepatan Gravitasi Menggunakan Konsep Gerak Jatuh Bebas," *Opt. J. Pendidik. Fis.*, vol. 4, no. 1, pp. 30–37, 2020, doi: 10.37478/optika.v4i1.367.
4. M. C. Kause, "Rancang Bangun Alat Peraga Fisika Berbasis Arduino (Studi Kasus Gerak Jatuh Bebas)," *Cyclotron*, vol. 2, no. 1, 2019, doi: 10.30651/cl.v2i1.2511.
5. O. A. Atani, L. A. S. Lapono, and A. C. Louk, "Rancang Bangun Alat Peraga Praktikum Gerak Jatuh Bebas," *J. Fis. Fis. Sains dan Apl.*, vol. 4, no. 1, pp. 33–39, 2019, doi: 10.35508/fisa.v4i1.1435.
6. J. Pendidikan, S. Humairoh, M. Yakob, N. A. Lubis, and R. A. Putra, "Perancangan Alat Praktikum Berbasis Arduino Untuk Menentukan Waktu Dan Kecepatan Secara Otomatis Pada Gerak Jatuh Bebas Berdasarkan penelitian Zul Azhar (2018) dengan judul " Pembuatan Alat Angket yang diperoleh dari siswa pada penggunaan alat praktikum," no. 4, pp. 23–32, 2021.
7. T. Firdaus, E. Erwin, and R. Rosmiati, "Eksperimen Mandiri Siswa dalam Penentuan Percepatan Gravitasi Bumi pada Materi Gerak Jatuh Bebas," *Titian Ilmu J. Ilm. Multi Sci.*, vol. 11, no. 1, pp. 31–36, 2019, doi: 10.30599/jti.v11i1.385.
8. A. Ristiawan, "Analisis Gerak Jatuh Bebas Dengan Metode Video Based Laboratory (Vbl) Menggunakan Software Tracker," *J. Teach. Learn. Phys.*, vol. 3, no. 2, pp. 26–30, 2018, doi: 10.15575/jotalp.v3i2.6556.
9. J. Kuhn and P. Vogt, "Smartphones as Experimental Tools: Different Methods to Determine the Gravitational Acceleration in Classroom Physics by Using Everyday Devices," *Eur. J. Phys. Educ.*, vol. 4, no. 1, pp. 16–27, 2013, [Online]. Available: <http://ejpe.erciyes.edu.tr/index.php/EJPE/article/view/84%5Cnhttp://ejpe.erciyes.edu.tr/index.php/EJPE/article/download/84/pdf>.
10. A. Y. Nuryantini and R. A. Yudhiantara, "The Use of Mobile Application as a Media in Physics Learning," *J. Penelit. dan Pembelajaran IPA*, vol. 5, no. 1, p. 72, 2019, doi: 10.30870/jppi.v5i1.3732.
11. A. Y. Nuryantini, R. Zakwandi, and M. A. Ariayuda, "Home-Made Simple Experiment to Measure Sound Intensity using Smartphones," *J. Ilm. Pendidik. Fis. Al-Biruni*, vol. 10, no. 1, pp. 159–166, 2021, doi: 10.24042/jipfalbiruni.v10i1.8180.
12. L. Sukariasih, Erniwati, L. Sahara, L. Hariroh, and S. Fayanto, "Studies the use of smartphone sensor for physics learning," *Int. J. Sci. Technol. Res.*, vol. 8, no. 10, pp. 862–870, 2019.

13. I. Slipukhina, I. Chernetkiy, N. Kurylenko, S. Mienailov, and S. Podlasov, "Applied aspects of instrumental digital didactics: M-learning with the use of smartphone sensors," *CEUR Workshop Proc.*, vol. 2740, pp. 173–187, 2020.
14. A. Malik* and M. Ubaidillah, "The Use of Smartphone Applications in Laboratory Activities in Developing Scientific Communication Skills of Students," *J. Pendidik. Sains Indones.*, vol. 9, no. 1, pp. 76–84, 2021, doi: 10.24815/jpsi.v9i1.18628.
15. R. Carroll and J. Lincoln, "Phyphox app in the physics classroom," *Phys. Teach.*, vol. 58, no. 8, pp. 606–607, 2020, doi: 10.1119/10.0002393.
16. S. S, H. S, H. H, and S. C, "Advanced tools for smartphone- based experiments : phyphox," *Phys. Educ.*, 2018.
17. H. Heinke and C. Stampfer, "Phyphox – teaching physics with smartphone experiments," pp. 1–6, 2019.
18. F. M. Bara, M. I. Mako, A. Eku, and M. A. Pau, "Phyphox Pada Gerak Jatuh Bebas," vol. 2, no. 2, pp. 11–17, 2021.
19. A. Kittiravechote and T. Sujarittham, "Measuring the acceleration of gravity using a smartphone, A4-papers, and a pencil," *Int. J. Adv. Sci. Technol.*, vol. 29, no. 7 Special Issue, pp. 884–889, 2020.
20. N. Yuningsih and Sardjito, "Gerak Vertikal Benda Berukuran Berbeda yang Jatuh Tanpa Kecepatan Awal dan Bergesekan dengan Udara," *Ind. Res. Work. Natl. Semin.*, pp. 710–714, 2020.
21. N. Maulani, D. Setiawan, Supriyadi, and Sulhadi, "Pengembangan Alat Praktikum Digital Gerak Jatuh Bebas Sebagai Media Pembelajaran Fisika," *WaPFI (Wahana Pendidik. Fis.*, vol. 6, no. 1, pp. 76–81, 2021.
22. H. Rosdianto, "Penentuan Percepatan Gravitasi Pada Percobaan Gerak Jatuh Bebas Dengan Memanfaatkan Rangkaian Relai," *SPEKTRA J. Fis. dan Apl.*, vol. 2, no. 2, p. 107, 2017, doi: 10.21009/spektra.022.03.
23. I. Boimau and R. N. K. Melli, "Development of Microcontroller-Based Free Fall Motion Learning Materials to Increase Students' Conceptual Understanding," *JIPF (Jurnal Ilmu Pendidik. Fis.*, vol. 4, no. 1, p. 45, 2019, doi: 10.26737/jipf.v4i1.888.

DESAIN ANIMASI TUMBUKAN ELASTIS MENGGUNAKAN MACROMEDIA FLASH 8.0

Kostan D. F. Mataubenu

*Program Studi Pendidikan Fisika, Sekolah Tinggi Keguruan dan Ilmu Pendidikan (STKIP) Soe, Jl.
Badak No. 5A Lokasi II SMK N 1 Soe, 85519, Indonesia
E-mail: fajarlon@gmail.com*

Abstrak

Telah dikembangkan media pembelajaran berupa animasi tumbukan elastis dalam 1 dimensi menggunakan Macromedia Flash 8.0. Desain media ini dibagi menjadi tiga bagian utama yaitu input proses dan output. Input didesain agar supaya data-data awal dapat diinputkan untuk diproses. Proses yaitu bagaimana nilai yang diinputkan diproses berdasarkan hukum kekekalan momentum dan hukum kekekalan energi untuk menampilkan output yang diinginkan. Sedangkan output berupa tampilan nilai kecepatan kedua benda setelah bertumbukan, nilai momentum dan energi serta visualisasi tumbukan kedua benda dan visualisasi momentum dan energi. Visualisasi tumbukan ini didesain menggunakan program action script 2.0. Media animasi yang telah didesain ini dapat menganimasikan tumbukan dengan baik berdasarkan input nilai kecepatan dan massa dua benda sebelum tumbukan sehingga dapat digunakan dalam proses pembelajaran fisika.

Kata kunci: tumbukan; macromedia flash 8.0; action script 2.0; media pembelajaran

Abstract

[Title: Design of Collision Animation Using Macromedia Flash 8.0] A Learning media of collision animation has developed using Macromedia Flash 8.0. This media designed through three main parts, namely input, process, and output. The input was designed in order to input the initial data to be processed. Process was designed in order to process the initial data based on the law of conservation of momentum and conservation energy to display the desired output. While the output was designed to display the values of the velocity of the two objects after the collision, the value of momentum and energy and the visualization of the collision of the two objects as well as vsualisation of momentum and energy. The collision visualization was designed using the action script 2.0 program. This animation media that has been designed can animate collisions well based on the input values of velocity and mass of two objects before the collision and can be used in physics learning process.

Keywords: collision; macromedia flash 8.0; action script 2.0; learning media

PENDAHULUAN

Fisika merupakan salah satu mata pelajaran yang dianggap sulit dan kurang diminati oleh siswa. Hal ini disebabkan karena di dalam fisika, terdapat banyak konsep yang bersifat abstrak dan sukar untuk dibayangkan. Oleh karena itu, siswa atau pembelajar langsung belajar rumus-rumus ketika belajar fisika tanpa mendalami alasan dan falsafah yang mendasari konsep tersebut yang sudah diterjemahkan dalam rumusan matematika. Ilmu fisika merupakan ilmu empiris yang membutuhkan dukungan hasil eksperimen. Oleh karena itu, teori dan eksperimen dalam fisika merupakan dua hal yang tidak dapat dipisahkan [1]. Hasil-hasil eksperimen yang diperoleh dapat digunakan untuk memahami konsep-konsep fisika yang dipelajari. Oleh karena, mempelajari fisika tidak hanya difokuskan pada rumus, tetapi juga perlu diseimbangkan dengan eksperimen dan bagaimana upaya untuk membuat konsep-konsep yang bersifat abstrak menjadi nyata.

Kenyataannya, tidak mudah untuk mewujudkan konsep fisika yang abstrak ini menjadi nyata. Dalam proses belajar fisika, memang selalu didampingi dengan eksperimen sebagai upaya untuk membuat konsep yang abstrak ini menjadi nyata. Akan tetapi tidak

semua konsep fisika dapat diwujudkan dalam eksperimen di laboratorium. Oleh karena itu diperlukan upaya lain untuk mengatasi keterbatasan-keterbatasan ini.

Perkembangan komputer memungkinkan kita untuk mengatasi keterbatasan praktikum di laboratorium. Selain itu, dengan bantuan *software* tertentu, suatu konsep yang abstrak dapat divisualisasikan dengan menarik. Hal ini akan sangat membantu pengajar fisika untuk memvisualisasikan konsep fisika yang abstrak tersebut. Selain itu, siswa dapat lebih mudah memahami konsep fisika yang dipelajari dengan bantuan komputer dan *software*.

Salah satu *software* yang dapat digunakan untuk pembuatan animasi adalah *Macromedia Flash 8.0*. *Macromedia Flash 8.0* dapat juga digunakan untuk tujuan presentasi, simulasi, *games*, navigasi situs web, aplikasi web, iklan dan lain sebagainya [2]. *Macromedia Flash 8.0* dapat digunakan sebagai media pembelajaran secara interaktif yang memungkinkan pengguna untuk berinteraksi dengan media tersebut. Oleh karena itu *software* ini dapat pula digunakan sebagai media pembelajaran fisika yang interaktif yang dapat mensimulasikan dan memvisualisasikan suatu konsep fisika yang abstrak.

Momentum dan impuls merupakan salah satu materi yang dipelajari dalam fisika. Dua benda yang bertumbukan akan berlaku hukum kekekalan momentum yaitu besar momentum sebelum dan sesudah tumbukan adalah sama besar. Besaran-besaran fisis dalam peristiwa tumbukan ini adalah kecepatan dan massa benda sebelum dan sesudah tumbukan. Massa benda adalah sama sebelum dan sesudah tumbukan, sedangkan kecepatan tidak selalu sama sebelum dan sesudah tumbukan. Fenomena tumbukan bukannya tidak bisa diamati di laboratorium, namun kejadiannya pada umumnya dalam waktu yang sangat singkat sehingga besaran seperti kecepatan kedua benda sebelum dan sesudah tumbukan sulit diamati dengan seksama apalagi diukur. Oleh karena itu, tumbukan merupakan salah satu konsep fisika yang kebanyakan hanya bisa dibayangkan dalam proses pembelajaran.

Sebagaimana disebutkan di atas bahwa *Macromedia Flash 8.0* dapat digunakan untuk tujuan animasi, simulasi dan visualisasi. Oleh karena itu, *Macromedia Flash 8.0* dapat dimanfaatkan untuk menganimasikan proses tumbukan berdasarkan pada massa dan kecepatan dua benda yang ditentukan sebelum tumbukan. Animasi tumbukan dengan menggunakan *Macromedia Flash 8.0* dapat dimanfaatkan untuk membuat pembelajaran tentang tumbukan dalam fisika menjadi lebih nyata dan menarik bagi siswa.

Penggunaan animasi *Macromedia Flash* pada materi momentum dan impuls dalam proses pembelajaran terbukti meningkatkan pemahaman konsep siswa [3]. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan animasi dalam pembelajaran sangat membantu siswa dalam memahami suatu konsep fisika yang abstrak. Animasi bermanfaat sebagai laboratorium virtual untuk mendaratkan suatu konsep fisika yang bersifat abstrak tanpa menggunakan peralatan laboratorium yang nyata [4]. Oleh karena itu, mendesain sebuah laboratorium virtual menggunakan bantuan *software* seperti *Macromedia Flash* sangat bermanfaat bagi proses pembelajaran fisika.

Desain animasi tumbukan sudah dilakukan dengan *Macromedia Flash* [5], namun masih ada beberapa hal yang masih bisa ditambahkan seperti visualisasi momentum dan energi sebelum dan sesudah tumbukan. Visualisasi momentum dan energi kinetik sebelum dan sesudah tumbukan dapat didesain di *Macromedia Flash* dengan menganimasikan *tools* yang dimiliki oleh *Macromedia Flash*. Oleh karena itu, dalam artikel ini, akan dibahas pengembangan animasi tumbukan yang dapat memvisualisasikan dua benda yang bertumbukan secara linear atau 1 dimensi berdasarkan pada input nilai awal (kecepatan dan massa). Desain ini juga dapat menganimasikan momentum dan energi masing-masing benda serta momentum dan energi total sebelum dan sesudah tumbukan. Selain itu, mendesain sebuah animasi atau tidak mengambil dari animasi yang sudah jadi dapat dilakukan sesuai dengan kebutuhan dalam proses pembelajaran.

Dua benda yang bergerak dalam arah yang berlawanan pada suatu lintasan yang sama dan berbentuk garis lurus pada suatu waktu tertentu akan saling bertumbukan. Proses setelah tumbukan sangat bergantung kepada besaran fisis sebelum tumbukan seperti gaya,

massa, kecepatan, momentum dan energi. Seringkali, gaya yang bekerja selama proses tumbukan tidak diketahui secara pasti. Yang dapat diketahui adalah momentum dan energi bersifat kekal, yaitu bernilai sama sebelum dan sesudah tumbukan. Berdasarkan pada prinsip kekekalan momentum dan kekekalan energi maka hasil tumbukan dapat diperkirakan [6].

Jika dua benda berturut-turut bermassa m_1 dan m_2 bergerak dalam arah yang berlawanan pada sebuah lintasan berupa garis lurus dengan besar kecepatan berturut-turut adalah v_1 dan v_2 , akan mengalami tumbukan dengan kecepatan setelah tumbukan berturut-turut adalah v_1' dan v_2' maka dari hukum kekekalan momentum dapat diperoleh

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2' \quad (1)$$

Sedangkan berdasarkan pada kekekalan energi kinetik pada proses tumbukan, maka dapat diperoleh

$$\frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1'^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2'^2 \quad (2)$$

Persamaan (1) dapat dituliskan dalam bentuk lain sebagai

$$m_1 (v_1 - v_1') = -m_2 (v_2 - v_2') \quad (3)$$

Persamaan (2) dapat juga dituliskan dalam bentuk lain sebagai

$$m_1 (v_1 - v_1')(v_1 + v_1') = -m_2 (v_2 - v_2')(v_2 + v_2') \quad (4)$$

Jika Persamaan (4) dibagi dengan Persamaan (3) maka akan diperoleh

$$v_1 + v_1' = v_2 + v_2' \quad (5)$$

Persamaan (5) digunakan untuk mendapatkan v_1' dan v_2' dengan cara mensubstitusikannya ke Persamaan (2) atau (3). Hasilnya adalah

$$v_1' = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} \right) v_1 + \left(\frac{2m_2}{m_1 + m_2} \right) v_2 \quad (6)$$

$$v_2' = \left(\frac{2m_1}{m_1 + m_2} \right) v_1 + \left(\frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} \right) v_2 \quad (7)$$

Persamaan (1), (2), (6), dan (7) digunakan dalam mendesain animasi tumbukan menggunakan *Macromedia Flash* yang hasilnya dibahas pada artikel ini untuk menghitung kecepatan, momentum, dan energi kedua benda sebelum dan setelah tumbukan. Selain itu, nilai kecepatan digunakan sebagai nilai untuk animasi gerak dua benda yang bertumbukan, nilai massa digunakan sebagai ukuran dimensi benda saat animasi atau visualisasi, sedangkan nilai momentum dan energi digunakan untuk menganimasikan momentum dan energi yang dimiliki oleh kedua benda dalam proses terjadinya tumbukan.

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian pengembangan model ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*) [7] namun dalam penelitian ini, dibatasi pada tahapan *Analysis, Design* dan *Development*. Pada tahap *Analysis*, dilakukan 1) studi literatur; 2) analisis kebutuhan; 3) analisis variabel input, proses dan variabel output berdasarkan teori; 4) Analisis output berupa animasi dan visualisasi tumbukan. Pada tahap *Design* dilakukan perancangan animasi tumbukan menggunakan *Macromedia Flash 8.0* berdasarkan pada hasil yang diperoleh pada tahap *Analysis*. Sedangkan pada tahap *Development*, dilakukan eksperimen menggunakan hasil desain animasi tumbukan dan membandingkannya dengan teori untuk memastikan kebenaran atau kesesuaian animasi dengan teori. Animasi dalam penelitian ini dibatasi pada tumbukan elastis 1 dimensi.

Pengembangan animasi ini menggunakan *Software Macromedia Flash 8.0* dengan bantuan bahasa program *action script 2.0* yang telah terpaket dengan *Macromedia Flash*

8.0. *Macromedia Flash 8.0* dapat diinstal dengan mudah pada sebuah komputer yang hasil *running*-nya berupa video interaktif yang dapat digunakan di semua komputer tanpa harus menginstal *Macromedia Flash 8.0*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis (*analysis*)

Animasi tumbukan sudah dilakukan oleh *Physics Education Technology* (PhET) meskipun tidak menggunakan *Macromedia Flash*. Demikian juga animasi yang sudah dilakukan dengan *Macromedia Flash* [5]. Akan tetapi belum dilengkapi dengan simulasi atau animasi perubahan momentum dan energi sebelum dan sesudah tumbukan.

Tabel 1. Hasil analisis besaran fisis untuk animasi tumbukan

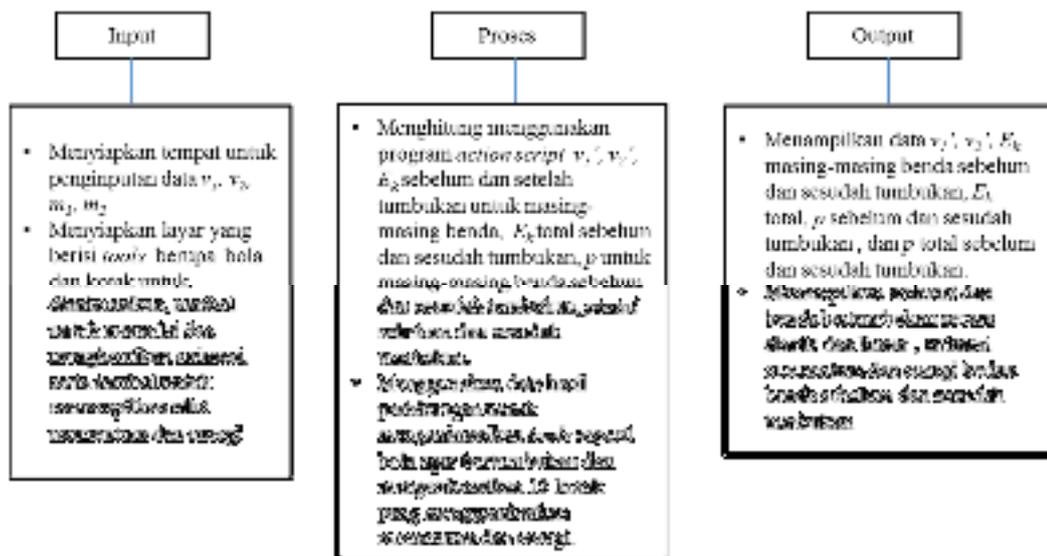
No	Besaran Fisis Tumbukan	Simbol	Satuan	Persamaan	Keterangan
1	Kecepatan benda 1 sebelum tumbukan	v_1	m/s	-	<ul style="list-style-type: none"> • Digunakan sebagai input dalam animasi • Digunakan sebagai ukuran kecepatan benda 1 dalam animasi sebelum tumbukan
2	Kecepatan benda 2 sebelum tumbukan	v_2	m/s	-	<ul style="list-style-type: none"> • Digunakan sebagai input dalam animasi • Digunakan sebagai ukuran kecepatan benda 2 dalam animasi sebelum tumbukan
3	Kecepatan benda 1 Setelah tumbukan	v_1'	m/s	Persamaan (6)	<ul style="list-style-type: none"> • Dihitung dalam program <i>action script</i> dan ditampilkan sesaat setelah tumbukan • Digunakan sebagai ukuran kecepatan benda 1 setelah tumbukan
4	Kecepatan benda 2 setelah tumbukan	v_2'	m/s	Persamaan (7)	<ul style="list-style-type: none"> • Dihitung dalam program <i>action script</i> dan ditampilkan sesaat setelah tumbukan • Digunakan sebagai ukuran kecepatan benda 2 setelah tumbukan
5	Massa benda 1	m_1	kg	-	<ul style="list-style-type: none"> • Digunakan sebagai input dalam animasi • Digunakan sebagai ukuran dimensi benda 1
6	Massa benda 2	m_2	kg	-	<ul style="list-style-type: none"> • Digunakan sebagai input dalam animasi • Digunakan sebagai ukuran dimensi benda 2
7	Momentum Kekekalan Momentum	p	Kg m/s	$p = m v$ Persamaan (1)	<ul style="list-style-type: none"> • Dihitung dalam program <i>action script</i> untuk setiap benda sebelum dan sesudah tumbukan

				<ul style="list-style-type: none"> Digunakan sebagai ukuran animasi momentum ke dua benda sebelum dan sesudah tumbukan Ditampilkan nilainya Dihitung dalam program <i>action script</i> untuk setiap benda sebelum dan sesudah tumbukan Digunakan sebagai ukuran animasi energi kinetik sebelum dan sesudah tumbukan Ditampilkan nilainya
8	Energi kinetik dan Kekekalan Energi Kinetik	E_k	Joule	<ul style="list-style-type: none"> $E_k = 1/2mv^2$ Persamaan (2)

Momentum dan energi hanya ditampilkan nilainya saja dalam animasi-animasi yang sudah ada. Mengingat momentum dan energi merupakan besaran fisis yang penting dalam peristiwa terjadinya tumbukan, maka perlu untuk divisualisasikan dalam animasi tumbukan. Untuk itu penulis melakukan desain animasi tumbukan dengan menambahkan animasi momentum dan energi sebelum dan sesudah tumbukan menggunakan *Macromedia Flash 8.0*. Selain itu, pengaturan tampilan dapat diatur sesuai kebutuhan, kapan dan di mana saja. Ada pun besaran-besaran fisis dalam proses tumbukan sebagaimana ditampilkan pada Tabel 1 yang digunakan sebagai standar dalam desain animasi tumbukan.

Desain

Desain animasi tumbukan menggunakan *Macromedia Flash 8.0* terdiri dari tiga bagian besar yaitu input, proses dan output. Adapun skema desain animasi tumbukan yang telah dilakukan dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Skema proses desain animasi tumbukan dengan *Macromedia Flash 8.0*

Sistem didesain dengan memanfaatkan fitur-fitur atau *tools* pada *Macromedia Flash 8.0* seperti lingkaran untuk mewakili benda, garis lurus untuk landasan, *static* teks untuk menulis keterangan, *input* teks untuk input maupun output data serta kotak untuk pembuatan tombol maupun sebagai diagram batang untuk tujuan animasi energi dan momentum. Agar *tools* yang telah disiapkan pada layar dapat bergerak sesuai yang

diinginkan, maka *instance name* masing masing-masing harus diberikan nama yang unik sehingga dapat dipanggil dalam program *action script* untuk proses perhitungan maupun animasi. Demikian juga nilai kecepatan dan massa yang diinputkan perlu disimpan dalam sebuah variabel agar dipanggil oleh program *action script* dalam proses perhitungan.

Nilai-nilai yang telah diinputkan seperti kecepatan kedua benda sebelum tumbukan dan massa kedua benda kemudian digunakan untuk menghitung nilai kecepatan sesudah tumbukan, momentum, dan energi masing-masing benda serta gabungan keduanya. Nilai kecepatan juga menjadi ukuran yang dipakai untuk menganimasikan kecepatan benda yang sedang bergerak baik itu sebelum tumbukan maupun sesudah tumbukan. Jika benda 1 memiliki kecepatan lebih kecil dari benda 2, maka dalam animasi akan tampak secara jelas bahwa benda 1 bergerak lebih lambat dibandingkan dengan benda 2. Arah gerak gerak ke dua benda setelah tumbukan, dianimasikan sedemikian rupa sehingga sangat sesuai dengan teori. Artinya arah gerak ke-dua benda sangat bergantung pada nilai input yang di masukkan pada sistem animasi yang telah didesain. Demikian juga data kecepatan dan massa digunakan untuk menghitung momentum dan energi kemudian divisualisasikan. Data visualisasi momentum dan energi ini dapat bermanfaat untuk memahami konsep kekal momentum dan energi dalam proses tumbukan.

Proses animasi tumbukan ini dilakukan dengan memanfaatkan program *action script 2.0* yang terpaket dengan software *Macromedia Flash 8.0*. Bahasa program *action script 2.0* mudah untuk dipahami dan mudah untuk digunakan untuk animasi. Ada pun cuplikan program *action script 2.0* yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

```

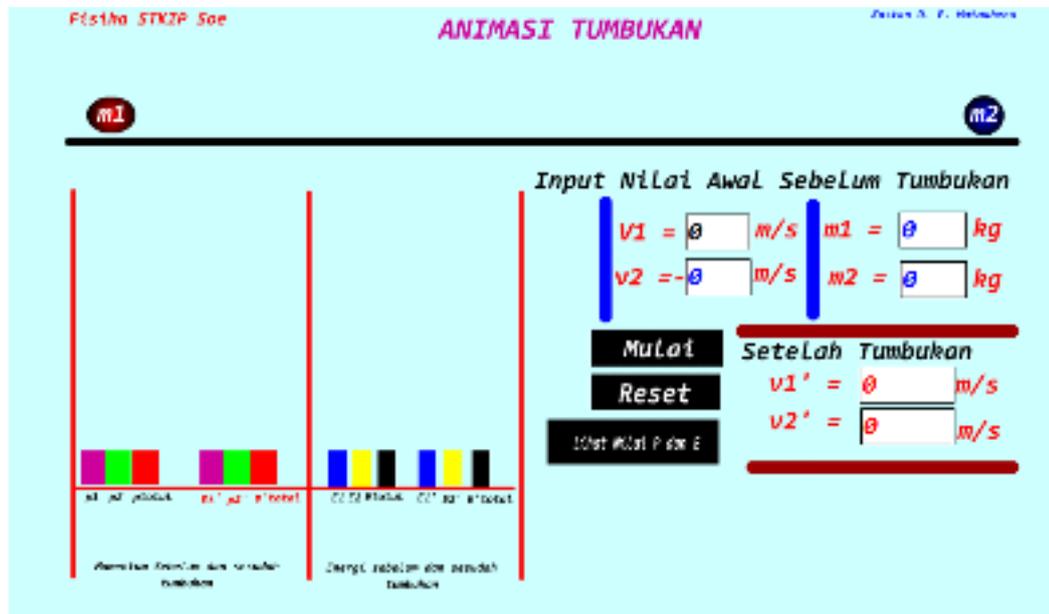
if (bola1.hitTest(bola2)) //jika benda 1 menumbuk benda 2
{
    a=v1;// menyimpan nilai v1 pada a
    b=v2;// menyimpan nilai v2 pada b
    v11=(((m1-m2)/(m1+m2))*a)+(((2*m2)/(m1+m2))*b*(-
));//hitung v1'
    v22=(((2*m1)/(m1+m2))*a)+(((m2-m1)/(m1+m2))*b*(-
));//hitung v2'
    sistem = "gerak2";//eksekusi sub program gerak2, yaitu gerak
setelah tumbukan
}

```

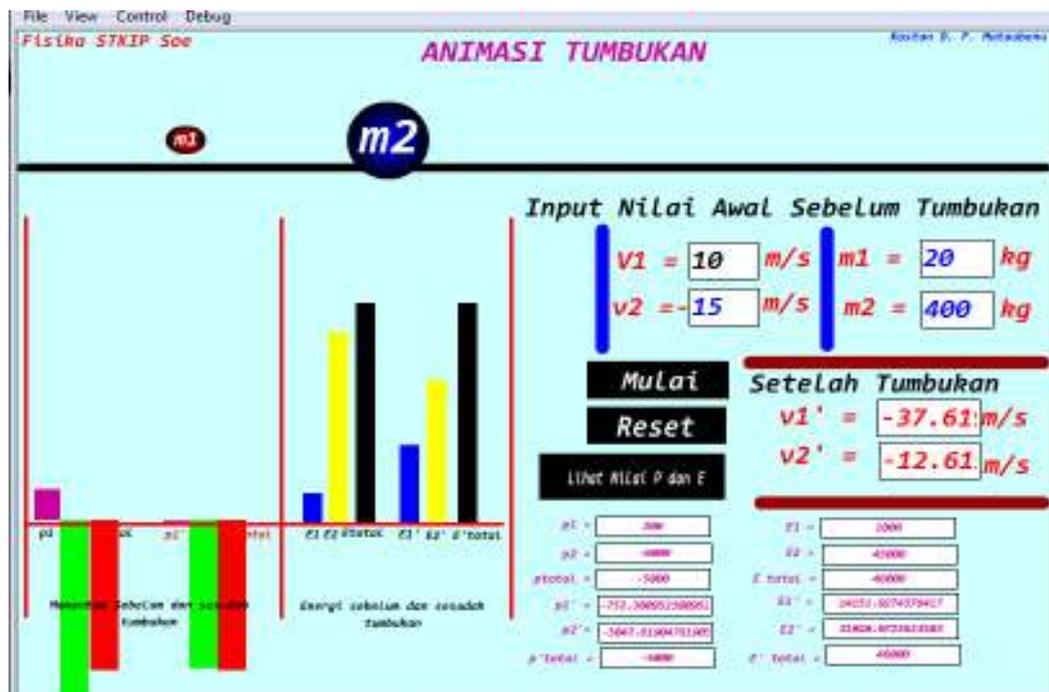
Apabila program ini dijalankan, maka akan muncul file dengan ekstensi *.swf* (*shock wave flash*). File ini dapat dipindahkan ke komputer lain dan dijalankan menggunakan aplikasi pemutar video yang ada di komputer lain tersebut tanpa harus diinstal software *Macromedia Flash*. Ada pun tampilan file ketika program ini dijalankan dapat dilihat pada Gambar 2.

Nilai kecepatan benda 1 dan benda 2 sebelum tumbukan diinputkan dengan cara diketikkan pada kotak v1 dan v2. Demikian juga untuk massa benda 1 dan benda 2 diketikkan pada kotak m1 dan m2 dalam satuan kilo gram. Setelah nilai-nilai tersebut terisi tombol *Mulai* diklik. Ketika diklik, kedua benda berbentuk bola akan bergerak saling mendekati dengan kecepatan sesuai dengan nilai yang dimasukkan. Bentuk kedua benda juga akan berubah sesuai dengan nilai massa benda yang diinputkan. Ketika tombol *Mulai* diklik, juga akan tampil animasi momentum dan energi serta momentum dan energi total kedua benda dalam bentuk diagram batang. Kecepatan kedua benda sesaat setelah tumbukan akan ditampilkan pada kotak v1' dan v2'. Selain itu animasi momentum dan energi kedua benda setelah tumbukan serta animasi momentum dan energi total akan ditampilkan. Jadi dapat dibandingkan momentum dan energi kedua benda sebelum dan sesudah tumbukan. Tombol *Reset* digunakan untuk mengembalikan sistem animasi ke keadaan semula untuk memulai animasi baru dengan nilai yang berbeda. Nilai momentum

dan energi dapat dilihat dengan menekan tombol *Lihat nilai p dan E*. Gambar 3 berikut ini menunjukkan tampilan layar ketika dilakukan animasi tumbukan linear.



Gambar 2. Tampilan awal animasi tumbukan dengan Macromedia Flash 8.0



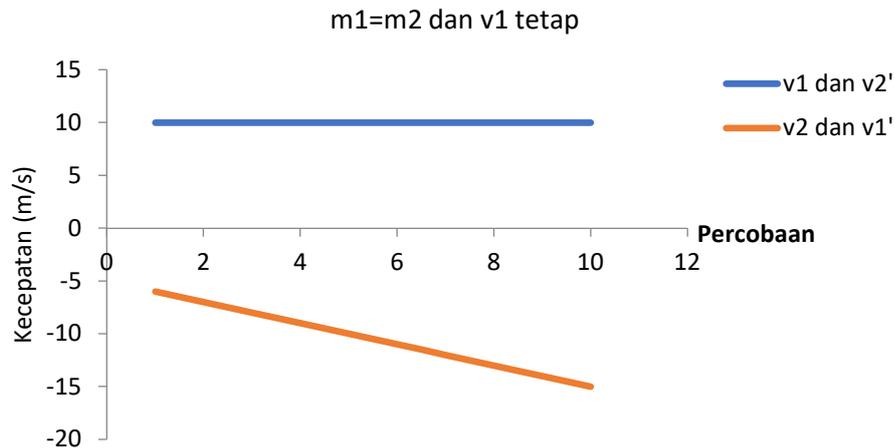
Gambar 3. Tampilan layar animasi ketika dijalankan

Setelah program dijalankan, semuanya bekerja dengan baik, terlihat dari sistem animasi tumbukan berlangsung sesuai nilai awal kecepatan dan massa yang diinputkan, dimensi benda menyesuaikan dengan besar massa yang diinputkan, serta dimensi kotak yang merepresentasikan momentum dan energi menyesuaikan dengan besar momentum dan energi yang dihitung. Demikian juga nilai kecepatan setelah tumbukan serta nilai momentum dan energi yang ditampilkan sesuai dengan teori.

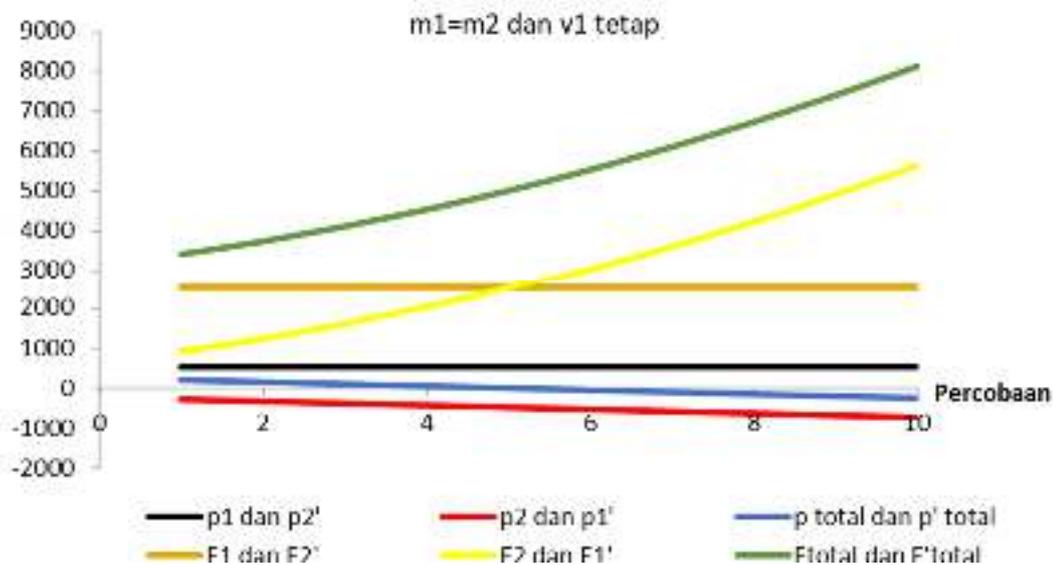
Pengembangan (*Development*)

Untuk memastikan bahwa sistem animasi tumbukan yang didesain ini bekerja dengan tepat, maka dilakukan pengujian berupa eksperimen untuk dibandingkan hasilnya dengan teori yang ada. Hasil eksperimen dengan kondisi awal yaitu massa kedua benda sama dan tetap ($m_1=m_2$), kecepatan benda 1 tetap, kecepatan benda dua diubah-ubah.

Sebagaimana disebutkan di atas bahwa pada percobaan atau eksperimen virtual pada kondisi pertama ini, nilai $m_1 = m_2$ dan tetap demikian juga v_1 tetap sedangkan v_2 diubah-ubah. Eksperimen virtual ini dilakukan sebanyak 10 kali. Ada pun hasil eksperimen dapat dilihat di grafik pada Gambar 3 dan Gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Grafik kecepatan ke-dua benda sebelum dan sesudah tumbukan (hasil eksperimen dengan animasi *Macromedia Flash*, $m_1 = m_2$ =tetap dan v_1 =tetap, v_2 berubah-ubah)



Gambar 5. Grafik momentum dan energi ke-dua benda sebelum dan sesudah tumbukan (hasil eksperimen dengan *Macromedia Flash*, $m_1 = m_2$ = tetap dan v_1 =tetap, v_2 berubah-ubah)

Berdasarkan grafik pada Gambar 4 di atas, tampak bahwa v_1 sama dengan v_2' sedangkan v_2 sama dengan v_1' . Data ini menunjukkan bahwa jika massa kedua benda yang bertumbukan bernilai sama, maka kecepatan kedua benda setelah bertumbukan saling bertukar. Hal ini sesuai dengan Persamaan (6) dan Persamaan (7) di atas. Tampak juga bahwa kurva v_2 dan v_1' terletak di bawah nol atau negatif yang menandakan bahwa benda 2 sebelum tumbukan dan benda 1 setelah tumbukan bergerak ke arah kiri. Demikian juga untuk kurva v_1 dan v_2' berada di atas nol atau positif menandakan bahwa benda 1 sebelum tumbukan dan benda 2 setelah tumbukan bergerak ke arah kanan. Nilai yang ditampilkan sesuai dengan tampilan animasi yang didesain dalam penelitian ini. Jadi hasil yang

ditampilkan baik nilai maupun animasi, sesuai dengan teori tentang tumbukan dua benda secara linear.

Grafik pada Gambar 5 di atas menggambarkan momentum dan energi ke-dua benda sebelum dan sesudah tumbukan serta momentum total dan energi total kedua benda sebelum dan sesudah tumbukan. Terlihat bahwa untuk kasus $m_1 = m_2$ dan v_1 tetap, diperoleh bahwa: a) momentum benda 1 sebelum tumbukan (p_1) dan momentum benda 2 setelah tumbukan (p_2') sama dan bernilai tetap untuk setiap percobaan, yang menunjukkan bahwa momentum benda 1 ditransfer ke benda 2 setelah tumbukan; b) Momentum benda 2 sebelum tumbukan (p_2) sama dengan momentum benda 1 setelah tumbukan (p_1') pada setiap percobaan dengan arah momentum ke kiri, yang berarti momentum benda dua ditransfer ke benda 1 setelah tumbukan; c) Energi kinetik benda 1 (E_1) sama dengan energi kinetik benda 2 setelah tumbukan (E_2') dan bernilai tetap; d) Energi kinetik benda 2 sebelum tumbukan (E_2) sama besar dengan energi kinetik benda 1 setelah tumbukan (E_1') dengan tren grafik fungsi kuadrat; e) Energi kinetik total ke-dua benda sebelum dan sesudah tumbukan sama besar dan dengan tren grafik fungsi kuadrat.

Hasil eksperimen dengan animasi *Macromedia Flash* yang diwakilkan oleh grafik pada Gambar 5 sesuai dengan Persamaan (1) dan Persamaan (2). Dengan mengatur kondisi awal yaitu massa benda 1 dan benda 2 sama besar dan tetap, kecepatan benda 1 tetap dan kecepatan benda 2 berubah-ubah, maka hasil eksperimen sama seperti grafik pada Gambar 4 di atas baik energi maupun momentum, karena sangat bergantung pada data-data awal yang diinputkan ke dalam animasi. Hasil ini menunjukkan bahwa desain animasi tumbukan dengan *Macromedia Flash* ini bekerja dengan baik sesuai dengan teori dan dapat digunakan dalam proses pembelajaran.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan pada hasil eksperimen secara virtual terkait tumbukan elastis linear dapat disimpulkan bahwa animasi tumbukan dengan menggunakan *Macromedia Flash 8.0* ini dapat bekerja dengan baik dan sesuai dengan teori yang mendasarinya. Oleh karena itu, sistem ini dapat dimanfaatkan dalam proses pembelajaran secara khusus terkait dengan topik tumbukan. Sistem animasi tumbukan ini dapat digunakan untuk melatih kemampuan siswa untuk membaca grafik, keterampilan proses dan kinerja ilmiah. Agar sistem ini lebih baik, maka diperlukan validasi ahli pada tahap pengembangan (*Development*) sehingga mendapatkan umpan balik yang bermanfaat bagi sistem animasi ini. Selanjutnya dapat dikembangkan untuk animasi tumbukan dua dimensi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Mayub, A. 2005. *e-Learning Fisika Berbasis Macromedia Flash MX*. Yogyakarta: Graha Ilmu
2. N. Ardiansyah, "Tutorial macromedia flash profesional 8 untuk pemula 1," pp. 1–66, 2013.
3. M. I. Fakhri, Bektiarso, S. & Supeno. 2016. "Penggunaan Media Pembelajaran Animasi Berbantuan Macromedia Flash Pada Pembelajaran Fisika Pokok Bahasan Momentum, Impuls, Dan Tumbukan Kelas X Sma," *J. Pembelajaran Fis.*, vol. 7, no. 3, pp. 271–277
4. Mirdayanti, R. & Murni. 2017. "Kajian Penggunaan Laboratorium Virtual Berbasis Simulasi Sebagai Upaya Mengatasi Ketidak-Sediaan Laboratorium," *Visipena J.*, vol. 8, no. 2, pp. 323–330, doi: 10.46244/visipena.v8i2.415.
5. Wirawan, G. P. 2014. "Simulasi Flash: Momentum Linear + Source Code Action Script". <http://tutorialbae.blogspot.com/2014/12/simulasi-flash-momentum-linear-source.html>,
6. Halliday, D. Resnick, R. & Walker, J. 2010. *Fisika Dasar*, 7th ed. Jakarta: Erlangga.
7. Sugiyono. 2018. *Metode Penelitian Kalitatif, Kuantitatif, dan R&D*. Bandung: ALFABETA,.

PERHITUNGAN NUMERIK RUNGE KUTTA PADA FENOMENA HARMONIS DAN CHAOS PADA GETARAN TERGANDENG

Leonora L. R. Trifina, Ali Warsito, Laura A. S Lapono

Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana Jl. Adisucipto-Penfui, Kota

Kupang, Kode Pos 85148, Indonesia

E-mail: ichatrifina988@gmail.com

Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang perhitungan numerik Runge Kutta pada fenomena harmonis dan chaos untuk kasus fisis getaran terdangeng dengan metode komputasi numerik Runge Kutta dengan tujuan menerapkan metode komputasi Runge Kutta orde satu sampai empat untuk memperoleh solusi persamaan diferensial orde dua pada sistem getaran terdangeng, menghitung nilai perpindahan benda menggunakan metode komputasi Runge Kutta orde satu sampai empat, memperoleh grafik perpindahan benda terhadap waktu pada kasus getaran terdangeng untuk keadaan harmonis dan chaos pada nilai lebar langkah tertentu, serta membandingkan kekonvergenan metode Runge Kutta dari orde satu sampai empat dengan metode Analitik Khusus. Hasil penelitian menunjukkan keadaan harmonis sistem diperoleh saat grafik perpindahan memperlihatkan gerak masing-masing pendulum yang konstan dengan posisi perpindahan pendulum terhadap waktu berupa grafik sinusoidal pada nilai $C_1 = 40 \text{ N/m}$, $C_2 = 30 \text{ N/m}$, $C = 10 \text{ N/m}$, $C = 0 \text{ N/m}$ dan keadaan chaos digambarkan dengan grafik perpindahan pendulum terhadap waktu dengan pola yang tidak beraturan. Pada kasus ini diperoleh hasil bahwa metode Runge Kutta orde empat lebih cepat konvergen dari metode Runge Kutta orde satu sampai tiga dengan hasil terbaik diperoleh pada nilai lebar langkah 0,001. Metode Runge Kutta orde empat juga memiliki nilai eror rata-rata pendekatan lebih kecil dari metode Runge Kutta orde satu sampai tiga yakni 1×10^{-11} pada metode Runge Kutta orde empat dan nilai eror rata-rata berturut-turut adalah $5,029945707121 \times 10^{-3}$, $2,951357802047 \times 10^{-3}$ dan $9,908989611342 \times 10^{-4}$ pada metode Runge Kutta orde satu sampai tiga.

Kata kunci: getaran terdangeng; fenomena harmonis; chaos; komputasi numerik; metode runge kutta

Abstract

Research has been carried out on numerical calculations of Runge Kutta of harmonic and chaos phenomenon for coupled vibration physical case using the Runge Kutta numerical computation method with the aim of applying the first to fourth order Runge Kutta computation method to obtain a second order differential equation solution on coupled vibration system, calculating the displacement value of objects using computation method Runge Kutta order first to fourth, obtained a graph of the displacement of objects againsts time in case of coupled vibration for harmonic and chaos states at certain step width values and compare the convergence of the Runge Kutta method from first to fourth order with the special analytical method. The results of the research showed that the harmonic state of the system was obtained when the displacement graph showed the motion of each pendulum which was constant with the pendulum displacement position with respect to time in the form of a sinusoidal graph at a value of $C_1 = 40 \text{ N/m}$, $C_2 = 30 \text{ N/m}$, $C = 10 \text{ N/m}$, $C = 0 \text{ N/m}$ and the chaotic state was represented by a graph of the displacement of the pendulum with respect to time with an irregular pattern. In this case, it was found that the fourth order Runge Kutta method converged faster than the first to third order Runge Kutta method with the best results obtained at a step width value of 0,001. The fourth order Runge Kutta method also has a smaller approximation average error value from first to third order Runge Kutta method was 1×10^{-11} on the fourth order Runge Kutta method and the average error values are $5,029945707121 \times 10^{-3}$, $2,951357802047 \times 10^{-3}$ and $9,908989611342 \times 10^{-4}$ on the Runge Kutta method of first to third order.

Keywords: coupled vibration; harmonic phenomentant; chaos; numerical computation; runge kutta method

PENDAHULUAN

Getaran secara teknik didefinisikan sebagai gerak osilasi dari suatu obyek terhadap posisi awalnya [1] dan menjadi bagian dari salah satu fenomena alam. Persoalan getaran berkembang tidak

hanya pada masalah idealisasi dan kepraktisan, tetapi juga pada akurasi perhitungan. Karakteristik getaran random terjadi pada fenomena gempa bumi, angin dan kebisingan yang berasal dari mesin.

Peristiwa getaran dapat diklasifikasikan berdasarkan ada tidaknya eksitasi yang bekerja secara kontinyu, menurut derajat kebebasannya atau menurut sistem massanya [2]. Dalam bidang kajian fisika dikenal adanya sistem getaran terganggu yang tergolong dalam peristiwa getaran berdasar pada derajat kebebasan, dimana banyaknya koordinat bebas (*independence*) diperlukan untuk mendefinisikan persamaan gerak sistem. Aplikasi teknis dalam sains dan teknik dari fenomena fisis ini seperti, pembangunan gedung pencakar langit.

Dalam menelaah sistem fisis getaran selaras terganggu yang persamaan gerak sistemnya tergolong dalam persamaan diferensial linear orde kedua dan untuk menemukan solusi dari persamaan tersebut cukup rumit diselesaikan secara analitik, membutuhkan waktu yang lama serta kemungkinan akurasi yang diperoleh kurang maksimal. Pemahaman mekanika menyebutkan bahwa sistem dengan derajat kebebasan tertentu disebut sebagai sistem diskrit dan sistem dengan derajat kebebasan tak terhingga disebut sebagai sistem kontinyu [3]. Dalam tinjauan sistem getaran terganggu yang tergolong dalam sistem diskrit karena derajat kebebasan yang terbatas 2 maka, untuk mendapati solusi terhadap pendekatan masalahnya diperlukan perhitungan numerik dan bantuan komputer untuk menganalisis getaran secara kompleks. Adapun proses menganalisis masalah-masalah fisis dengan metode numerik dan bantuan komputer seperti ini biasa disebut dengan fisika komputasi [4].

Terdapat beberapa metode numerik yang dapat digunakan untuk menyelesaikan persoalan ini diantaranya Metode Euler dan Metode Runge Kutta. Dimana dalam tinjauan kasus ini dimanfaatkan Metode Runge Kutta dengan prinsip menggunakan titik-titik lanjutan pada tiap-tiap langkah interval dengan harapan untuk meningkatkan akurasi. Pemilihan metode ini didasarkan pada perbedaan tingkat akurasinya dan menjadi bagian dari metode yang dapat menyelesaikan persamaan diferensial yang rumit, sehingga dapat membandingkan solusi yang didapat dan kecepatan konvergensinya.

Penelitian mengenai getaran terganggu telah dilakukan sebelumnya oleh [5] dan [6] juga oleh [7]. Penelitian- penelitian tersebut di atas hanya bertujuan memverifikasi bahwa pada fenomena getaran 2 massa terganggu terjadi keadaan harmonis atau selaras sehingga di kaji lebih lanjut dengan menelisik keadaan transisi dari harmonik atau selaras menuju *chaos*, dengan masih terkait dengan variasi massa dan konstanta pegas.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan menerapkan metode komputasi numerik Runge Kutta orde satu sampai empat untuk mendapati solusi persamaan diferensial orde 2 pada sistem getaran terganggu, memperoleh nilai perpindahan pendulum terhadap waktu pada nilai lebar langkah (h) tertentu, serta melakukan interpretasi visualisasi fenomena getaran terganggu untuk keadaan harmonis dan keadaan *chaos* didasarkan variasi massa, kelajuan awal benda dan konstanta pegas pada sistem.

Getaran

Getaran merupakan gerak berosilasi dari sistem mekanis serta kondisi-kondisi dinamisnya. Getaran dapat berupa benturan yang berulang secara kontinyu atau dengan kata lain dapat pula berupa gerakan tidak beraturan atau acak.

Getaran Selaras Terganggu

Getaran suatu sistem yang memiliki gaya pemulih sebanding dengan besarnya simpangan, maka keadaan ini disebut sebagai gerak harmonik sederhana [8]. Gaya pemulih cenderung memulihkan pegas ke konfigurasi awalnya [9]. Getaran selaras terganggu identik dengan sistem getaran dua derajat kebebasan dimana sistem ini memiliki dua frekuensi natural dan memerlukan dua koordinat untuk menyatakan persamaan geraknya. Persamaan gerak sistemnya tergolong dalam persamaan diferensial yaitu

$$-M \frac{d^2 x_1}{dt^2} - C_1 x_1 + C(x_2 - x_1) = 0 \quad (1)$$

$$-M \frac{d^2 x_2}{dt^2} - C_2 x_2 - C(x_2 - x_1) = 0 \quad (2)$$

Metode Runge-Kutta

Penggunaan titik-titik lanjutan pada tiap-tiap langkah interval dengan harapan tingkat akurasi meningkat merupakan prinsip utama dari metode Runge-Kutta [10], seperti terlihat pada persamaan umum iteratifnya yang ditulis dalam bentuk:

$$y_{n+1} = y_n + f(x_n, y_n, h) \quad (3)$$

Dimana:

$$f(x_n, y_n, h) = a_1 k_1 + a_2 k_2 + \dots + a_m k_m \quad (4)$$

$$h = x_{n+1} - x_n \quad (5)$$

Penjabaran bentuk umum metode Runge-Kutta ke dalam metode Runge-Kutta orde satu sampai dengan orde empat adalah sebagai berikut:

a. Metode Runge-Kutta Orde Satu

$$y_n = y_{n-1} + hf(y_{n-1}, t_{n-1}) \quad (6)$$

b. Metode Runge-Kutta Orde Dua

$$y_{n+1} = y_n + (1/2 k_1 + 1/2 k_2) \quad (7)$$

c. Metode Runge-Kutta Orde Tiga

$$y_{n+1} = y_n + 1/6 (k_1 + 4k_2 + k_3) \quad (8)$$

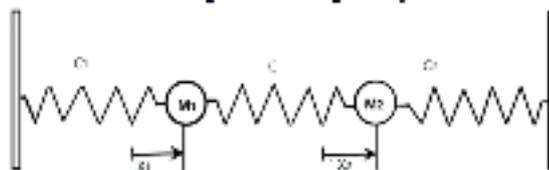
d. Metode Runge-Kutta Orde Empat

$$y_{n+1} = y_n + 1/6 (k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4) \quad (9)$$

METODE

Analisa Model

Kasus yang akan dicari solusinya merupakan kasus dua buah benda yang terganggu dengan massa masing-masing M_1 dan M_2 dimana terhubung oleh tiga buah pegas dengan besar nilai konstanta masing-masing pada benda pertama adalah C_1 , benda kedua adalah C_2 dan konstanta penghubung dua benda adalah C dengan massa masing-masing benda diberikan kelajuan awal. Bagaimanakah bentuk perilaku perpindahan dari masing-masing benda dengan variasi nilai konstanta pegas dan massa dari benda 1 maupun benda 2. Ilustrasi dari kasus dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Kasus Getaran Tergandeng

Berdasarkan dua persamaan getaran selaras terganggu pada persamaan (1) dan (2) dan mengacu pada penelitian sebelumnya (Schmid dkk, 1990 dan Arafah, 2001) serta Sulaiman (2008), maka dapat diuraikan sebagai berikut:

$$\frac{\partial^2 x_1}{\partial t^2} = -\left(\frac{C_1+C}{M_1}\right) x_1 + \frac{C}{M_2} x_2 \quad (10)$$

$$\frac{\partial^2 x_2}{\partial t^2} = -\left(\frac{C_2+C}{M_2}\right) x_2 + \frac{C}{M_1} x_1 \quad (11)$$

Dari persamaan (10) dan (11) dimodifikasi sebagai berikut:

$$\frac{\partial x_1}{\partial t} = z_1 \quad (12)$$

$$\frac{\partial x_2}{\partial t} = z_2 \quad (13)$$

Sehingga persamaannya menjadi:

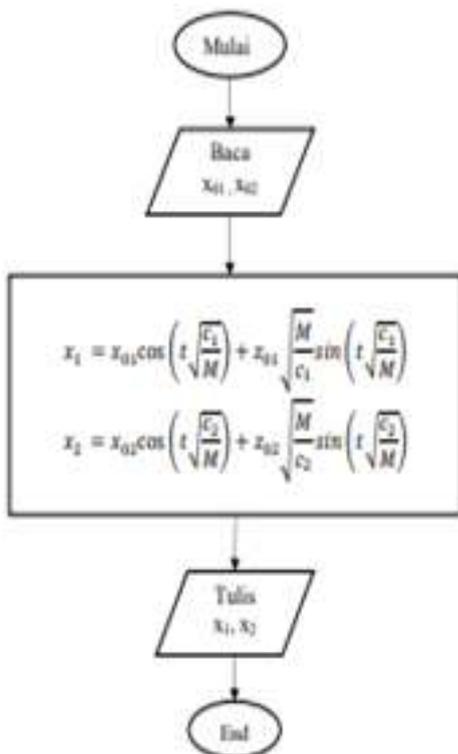
$$\frac{\partial z_1}{\partial t} = -\left(\frac{C_1+C}{M_1}\right)x_1 + \frac{C}{M_2}x_2 \quad (14)$$

$$\frac{\partial z_2}{\partial t} = -\left(\frac{C_2+C}{M_2}\right)x_2 + \frac{C}{M_1}x_1 \quad (15)$$

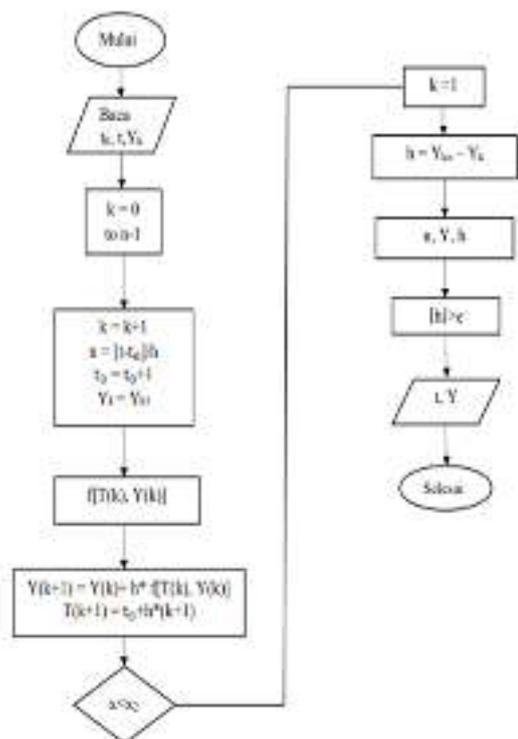
Persamaan (14) dan (15) tersebut yang akan digunakan dalam berbagai metode komputasi.

Implementasi Metode Komputasi

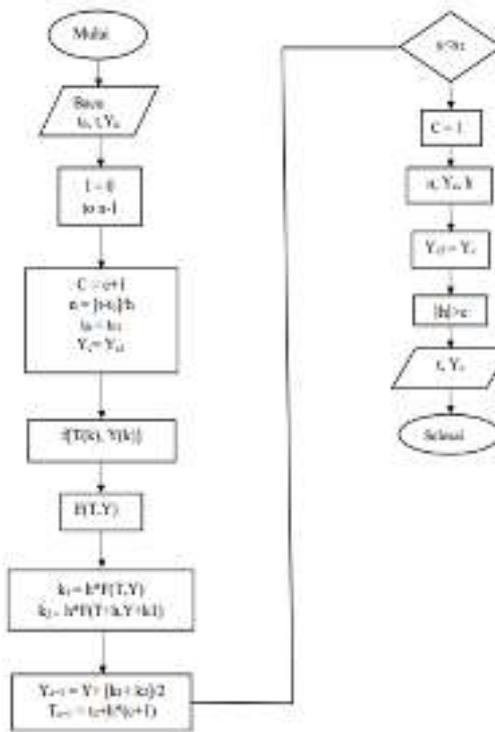
Analisa Komputasi dalam bentuk perancangan *flowchart* (diagram alir) sebagai alur logika dan algoritma sebagai landasan dalam menuliskan *sintaks* program. *Procedure* dalam program sesuai dengan metode-metode yang digunakan untuk analisa komputasi.



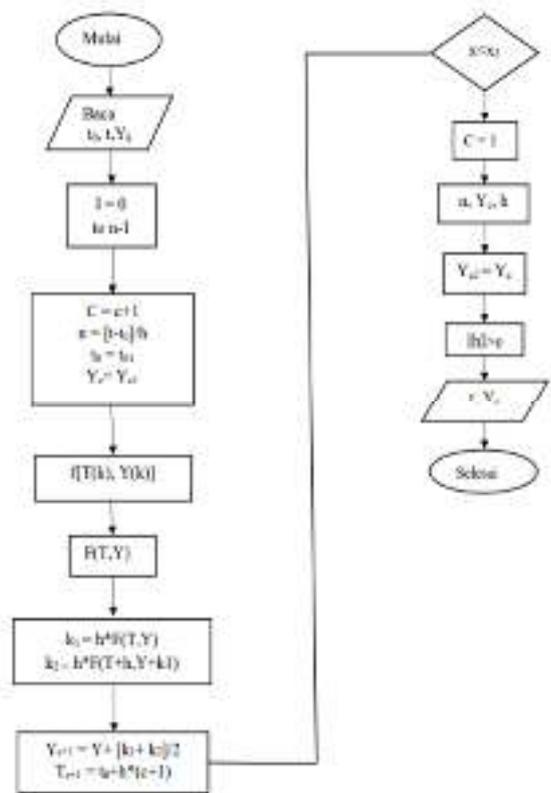
Gambar 2. Diagram Alir Metode Analitik Khusus



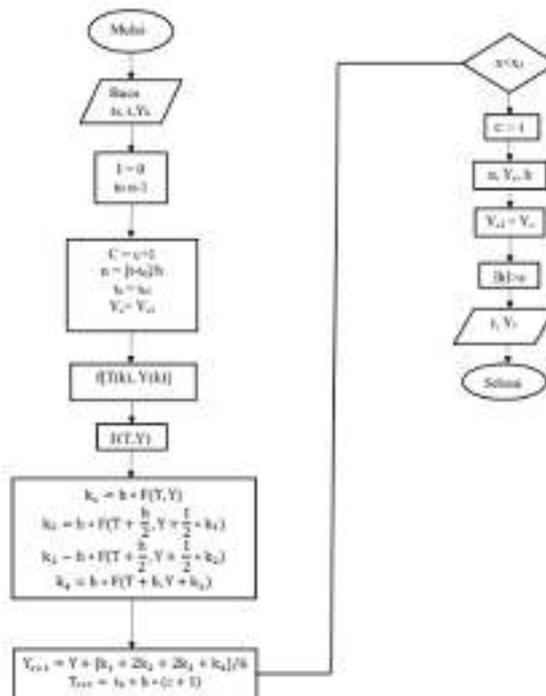
Gambar 3. Diagram Alir Metode Runge Kutta 1



Gambar 4. Diagram Alir Metode Runge Kutta 2



Gambar 5. Diagram Alir Metode Runge Kutta 3



Gambar 6. Diagram Alir Metode Runge Kutta 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

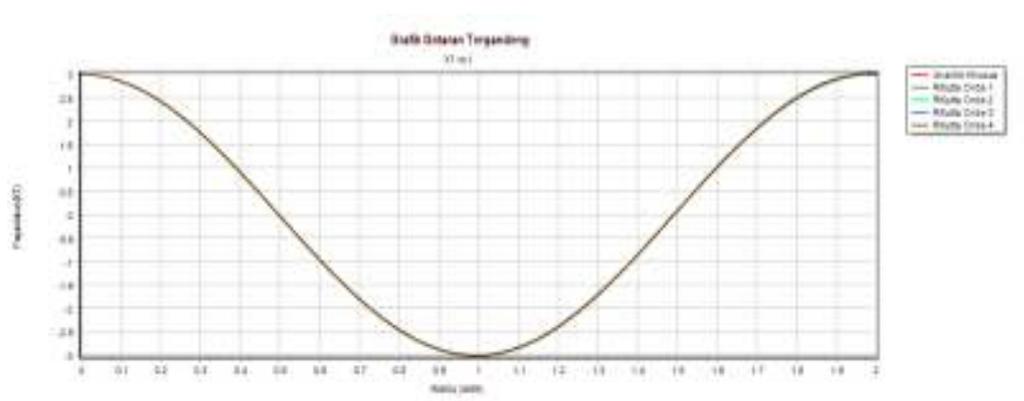
Hasil Pengujian Solusi Analitik

Pengujian validasi program dilakukan dengan menerapkan getaran terdangeng sederhana yang memiliki solusi secara analitik, dengan memberikan nilai massa pendulum pertama dan pendulum kedua $M_1=M_2= 3$ kg, konstanta pegas $C= 0$ N/m, kelajuan massa pertama dan kedua $Z_{01} = 0$ m/s, $Z_{02} = 50$ m/s, gaya yang bekerja pada massa pertama dan kedua $C_1 = 30$ N/m, $C_2 = 40$ N/m, dengan waktu awal $t_0 = 0$ sekon dan waktu akhir $t = 2$ sekon, simpangan massa pertama dan kedua $x_{01} = 3$ meter, $x_{02} = 5$ meter. Dari hasil perhitungan metode komputasi untuk metode analitik keadaan khusus dengan $C = 0$ dengan variasi lebar langkah $h = 0,1$, $h = 0,01$ dan $h = 0,001$ maka diperoleh bahwa metode Runge Kutta orde satu sampai empat baru memberikan hasil yang mendekati nilai analitik ketika nilai lebar langkah diperkecil pada nilai $h = 0,001$.

Analisa analitik yang dilakukan agar dapat diketahui apakah hasil dari solusi yang digunakan memiliki nilai presisi dan akurasi yang baik atau tidak diperlukan sebuah nilai standar yang dapat dipakai sebagai hasil pembanding atau dapat dipercayai sebagai sebuah nilai kebenaran. Data pada tabel 1 merupakan data hasil perhitungan perpindahan benda 1 terhadap waktu (X1) dari kelima metode yang digunakan. Hal ini dilakukan untuk melihat perbandingan nilai perhitungan secara analitik dan komputasi numerik. Dari hasil tersebut terlihat bahwa metode Runge Kutta orde 4 menghasilkan nilai perhitungan yang sama dengan nilai yang diperoleh oleh metode Analitik Khusus dengan nilai eror rata-rata yang sangat kecil yakni 1×10^{-11} .

Tabel 1. Hasil perhitungan X1 Sistem Getaran Terdangeng untuk $M1=M2= 3$ kg, $C_1 = 30 \frac{N}{m}$, $C_2 = 40$ N/m, $C= 0$ N/m, $h = 0,001$, $Z_{01} = 0$ m/s

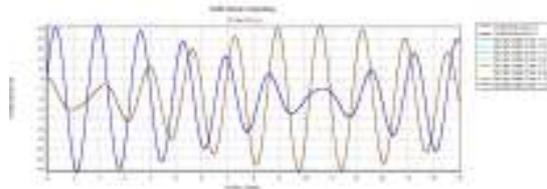
No	Waktu (t)	Analitik Khusus	Runge Kutta 1	Runge Kutta 2	Runge Kutta 3	Runge Kutta 4
1	0.001	2.9999850000125	3	2.999985	2.999985	2.9999850000125
2	0.002	2.9999400002	2.99997	2.999940000075	2.9999400001125	2.9999400002
3	0.003	2.9998650010125	2.99991	2.9998650006	2.9998650007625	2.9998650010125
4	0.004	2.99976000319998	2.9998200003	2.99976000225	2.99976000267499	2.99976000319998
5	0.005	2.99962500781243	2.9997000015	2.99962500599997	2.99962500687496	2.99962500781244
...
...
...
1996	1.996	2.99876274969111	3.02884191790856	3.00621970604493	3.00124608419201	2.99876274969152
1997	1.997	2.99847532339684	3.02856695399962	3.00593154109262	3.00095838159218	2.99847532339730
1998	1.998	2.99815791237432	3.02826170167151	3.00561331606690	3.00064066914376	2.99815791237483
1999	1.999	2.99781051979766	3.02792616367385	3.00526503407489	3.00029294999889	2.99781051979822
2000	2	2.99743314914079	3.02756034305918	3.00488669852426	2.99991522760974	2.9974331491414
Galat(%)			5.029945707121E-03	2.951357802047E-03	9.908989611342E-04	1E-11



Gambar 7. Grafik Pendulum dengan ($M1=M2= 3$ kg, $C_1 = 30$ N/m, $C_2 = 40$ N/m, $C= 0$ N/m, $h = 0,001$, $Z_{01} = 0$ m/s)

Analisa Solusi Perpindahan Benda terhadap Waktu pada Sistem Getaran Tergandeng

Penggambaran fenomena getaran terdang dengan variasi beberapa variabel dalam sistem yang ditinjau melalui serangkaian proses komputasi untuk penginterpretasian dan analisis beberapa keadaan yakni kopling lemah, kopling sedang dan kopling kuat, digunakan metode Runge- Kutta 4. Parameter konstanta pegas (C_1, C_2 , dan C) menjadi parameter utama dalam meninjau perpindahan benda dikeadaan tersebut. Diperoleh dari variasi beberapa variabel nilai konstanta pegas memberikan pengaruh signifikan pada setiap gerak pendulum.



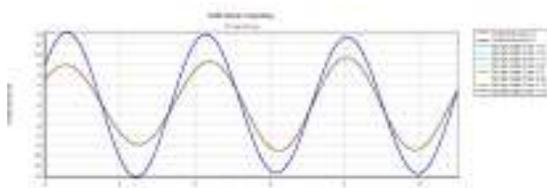
Gambar 8. Grafik Pendulum dengan Kopling Lemah ($M_1=M_2= 3 \text{ kg}, C_1 = C_2 = 40 \text{ N/m}, C= 4 \text{ N/m}$)

Pada pendulum dengan kopling lemah ($C_1 = C_2 = 40 \text{ N/m}, C= 4 \text{ N/m}$) nilai konstanta pegas yang kecil memberikan pengaruh pada setiap gerak pendulum seperti terlihat pada gambar 8, dimana setiap pendulum memiliki kesempatan yang lebih besar untuk terus berosilasi secara bergantian, keadaan ini dikarenakan ikatan antara kedua pendulum yang elastis.



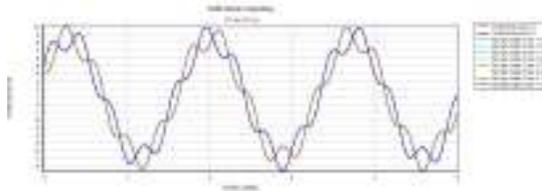
Gambar 9. Grafik Pendulum dengan Kopling Sedang I ($M_1=M_2= 3 \text{ kg}, C_1 = 30, C_2 = 40 \text{ N/m}, C= 10 \text{ N/m}$)

Untuk keadaan kopling sedang 1 dengan nilai antara keduanya tidak begitu besar yaitu $C_1 = 30, C_2 = 40 \text{ N/m}$ dengan $C= 10 \text{ N/m}$ diperoleh gambar 9 yang menggambarkan bahwa dalam sistem tidak ada gaya dominan pada masing-masing pendulum sehingga terlihat keduanya bergerak secara sembarang satu sama lain sekalipun belum dikategorikan sebagai gerak yang harmonis.



Gambar 10. Grafik Pendulum dengan Kopling Sedang III ($M_1=M_2= 3 \text{ kg}, C_1 = 40, C_2 = 30 \text{ N/m}, C= 10 \text{ N/m}$)

Kondisi lain diperoleh dengan mengubah nilai kelajuan awal pada benda 1 yaitu 20 m/s dan nilai tetapan gaya pada masing-masing pendulum $C_1 = 40, C_2 = 30 \text{ N/m}$ dan $C= 10 \text{ N/m}$ serta simpangan awal dan waktu osilasi dari masing-masing memiliki nilai yang sama dengan nilai pendulum di kopling sedang II. Dengan kondisi ini diperoleh grafik yang menunjukkan getaran harmonis pada sistem seperti terlihat pada gambar 10. Keadaan ini disebut “*eigen-oscillation*” yang merupakan koordinat normal sistem dengan gerak yang menunjukkan perpindahan pendulum yang simetris dan tidak saling mendominasi



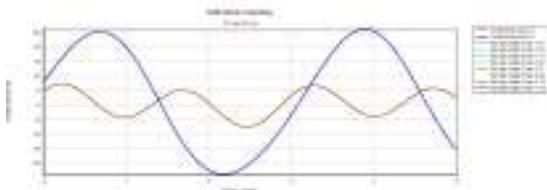
Gambar 11. Grafik Pendulum dengan Kopling Kuat ($M_1=M_2= 3 \text{ kg}, C_1 = C_2 = 40 \text{ N/m}, C= 400 \text{ N/m}$)

Pada tinjauan pendulum dengan kopling kuat dengan ($C_1 = C_2 = 40 \text{ N/m}, C=10C_1$) memberikan pengaruh pada kedua pendulum sehingga tidak bisa bergerak secara bebas yang diperlihatkan oleh gambar 11. Hal ini menunjukkan kekakuan dari sistem yang dikarenakan penghubung diantara keduanya bersifat tidak elastis dan mengharuskan keduanya berosilasi bersama-sama dan masing-masing tidak bisa bergerak bebas serta perlahan memperlihatkan keadaan sistem yang *chaos*.

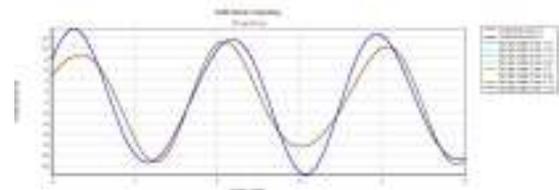
Analisis Keadaan Harmonis dan *Chaos* pada Sistem Getaran Tergandeng

Pada sistem getaran terdangeng identik dengan fenomena harmonis dan *chaos*, dimana dari hasil yang diperoleh berdasarkan kajian pada sistem dengan tinjauan beberapa parameter seperti nilai massa benda (M_1 dan M_2), dan konstanta pegas diperoleh bahwa keadaan harmonis pada sistem ditandai dengan grafik yang teratur dan pola keterkaitan antara dinamika pada perpindahan x_1 dan x_2 terhadap waktu cukup stabil sementara untuk keadaan *chaos* terlihat dengan jelas pola yang tidak beraturan pada perpindahan x_1 dan x_2 dengan gerakan sistem yang terlihat acak sehingga sulit untuk dapat diprediksi dalam setiap gerakanya seiring dengan bertambahnya nilai massa dan konstanta pegas. Beberapa keadaan tersebut diwakilkan oleh beberapa gambar hasil visualisasi berikut:

Keadaan Harmonis

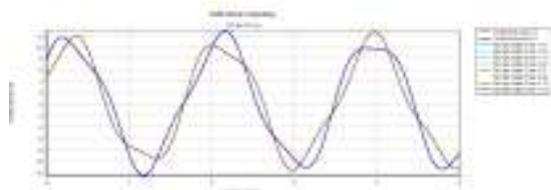


Gambar 12. Grafik Pendulum dengan massa pendulum kedua ($M_2= 10 \text{ kg}$)

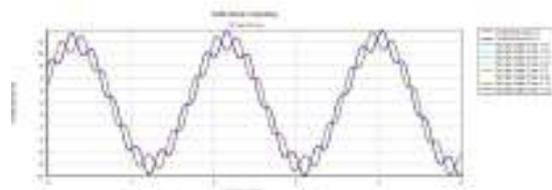


Gambar 13. Grafik Pendulum dengan konstanta pegas ($C= 25 \text{ N/m}$)

Keadaan *Chaos*



Gambar 14. Grafik Pendulum dengan konstanta pegas ($C= 100 \text{ N/m}$)



Gambar 15. Grafik Pendulum dengan konstanta pegas ($C= 800 \text{ N/m}$)

Analisis Fisis Fenomena Harmonis dan *Chaos* pada Sistem Getaran Tergandeng

Kajian terhadap sistem getaran terdangeng dalam menganalisis fenomena harmonis dan *chaos*, dimana dua kondisi tersebut menggambarkan karakteristik dari sistem dilakukan dengan mengubah nilai dari beberapa parameter untuk menggambarkan secara nyata perilaku dari sistem. Parameter-

parameter tersebut antara lain adalah massa dari masing-masing pendulum, kelajuan awal benda dan konstanta pegas.

Beberapa grafik visualisasi yang dihasilkan dari hasil plotting data perhitungan dengan meninjau beberapa keadaan diantaranya sistem dengan kopling lemah, kopling sedang dan kopling kuat serta variasi parameter massa dan konstanta pegas secara kompleks untuk menganalisis perilaku sistem getaran terdangeng yakni fenomena harmonis dan *chaos* secara kualitatif dan kuantitatif.

Kondisi harmonis untuk sistem getaran terdangeng diperoleh saat grafik perpindahan memperlihatkan masing-masing gerak pendulum yang selalu konstan dengan posisi perpindahan pendulum terhadap waktu berupa grafik sinusoidal sementara kondisi *chaos* diperoleh saat gerak dari masing-masing pendulum sudah tidak beraturan atau mengalami fluktuasi dari grafik perpindahan pendulum terhadap waktu dengan pola yang tidak beraturan.

Untuk melihat keakuratan dari solusi numerik dimanfaatkan galat atau nilai eror relatif yang mana galat berasosiasi dengan seberapa dekat solusi hampiran terhadap solusi sejatinya dengan semakin kecil galatnya, semakin teliti solusi numerik yang didapatkan. Dari hasil yang telah diperoleh pada penggunaan 3 variasi nilai lebar langkah yang berbeda nilai kesalahan relatif terkecil di peroleh pada lebar langkah $h=0,001$ pada metode Runge Kutta orde empat sebesar 1×10^{-11} sedangkan pada metode Runge Kutta orde satu sampai tiga nilai rata-rata kesalahan relatif berturut-turut berkisar $5,029945707121 \times 10^{-3}$, $2,951357802047 \times 10^{-3}$ dan $9,908989611342 \times 10^{-4}$. Terlihat bahwa nilai kesalahan relatif pada metode Runge Kutta orde empat jauh lebih kecil dibandingkan nilai kesalahan relatif pada metode Runge Kutta orde satu sampai tiga. Sehingga, didasari hal tersebut bahwa metode Runge Kutta orde empat lebih cepat konvergen dan memiliki nilai kesalahan relatif yang lebih kecil dibandingkan metode Runge Kutta orde satu sampai tiga.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

Implementasi metode komputasi numerik Runge Kutta orde satu sampai empat memberikan solusi pendekatan numerik yang mendekati nilai analitik sekaligus persamaan diferensial sistem getaran terdangeng dimana dari penggunaan Metode Runge Kutta orde satu sampai empat, metode Runge Kutta orde empat merupakan metode yang terbaik ketelitiannya dengan nilai rata-rata kesalahan relatif 1×10^{-11} pada lebar langkah $h=0,001$ dibandingkan dengan Metode Runge Kutta orde satu sampai tiga sehingga diketahui bahwa semakin kecil nilai lebar langkah (h) dan semakin tinggi orde dari metode Runge Kutta yang digunakan maka hasil yang diperoleh semakin teliti dan lebih mendekati hasil analitiknya.

Pada sistem fisis getaran terdangeng ini, nilai lebar langkah yang digunakan yakni 0,1; 0,01 dan 0,001 dan nilai perpindahan pendulum terhadap waktu dengan hasil terbaik serta yang mendekati nilai analitik diperoleh pada lebar langkah (h) = 0,001.

Interpretasi fenomena getaran terdangeng yang didasarkan pada variasi massa, kelajuan awal benda dan konstanta pegas memberikan gambaran sistem yang bersifat harmonis dan *chaos* yang mana hal ini menyatakan bahwa nilai massa, kelajuan awal benda dan konstanta pegas pada sistem memberikan pengaruh yang sangat signifikan. Ketika nilai massa pendulum dan konstanta pegas diperbesar maka setiap pendulum memiliki frekuensi osilasi yang semakin kecil sehingga gejala *chaos* atau acak pada sistem semakin terlihat seperti pada nilai $C= 100$ N/m, $C= 800$ N/m dan keadaan harmonis pada sistem diperoleh pada nilai massa pendulum $M_1=M_2= 3$ kg, kelajuan awal benda $Z_{01} = 20$ m/s, $Z_{02} = 40$ m/s dan nilai konstanta pegas $C= 10$ N/m serta pada nilai $C= 0$ N/m.

SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, maka penulis menyampaikan saran, yaitu pada kasus ini diperoleh grafik fenomena harmonis dan *chaos* dengan tinjauan beberapa variasi sehingga penulis menyarankan untuk melakukan kajian lebih lanjut dengan meninjau beberapa parameter lain yang mempengaruhi sistem.

DAFTAR PUSTAKA

1. Pain, H.J. 2005. *The Physics of Vibrations and Waves 6th Edition*. USA: John Wiley & Sons, Inc

2. Dewanto, J. 1999. *Klasifikasi Getaran*. Jurnal Teknik Mesin. Vol. 1, No. 2, hal 156-162
3. Tunga, BK. 2011. *Dasar-dasar Getaran Mekanis*. Yogyakarta: Penerbit Andi
4. Warsito, A. 2009. *Fisika Komputasi*. Modul Bahan Ajar Fisika FST Undana
5. Schmid, Erich W, dkk.1990. *Theoretical Physics on Personal Computer 2th Edition*.New York: Heidelberg
6. Arafah, E. 2002. *Coupled Harmonic Oscillations*. Department of Physics. University of Jordan
7. Sulaiman, Halfiana. 2008.*Kajian Fenomena Fisis Getaran Selaras Tergandeng dengan Metode Euler dan Runge-Kutta*. Skripsi Jurusan Fisika-FST: Universitas Nusa Cendana
8. Halliday, Jearl. W, dkk. 1998. *Fundamental of Physics 9th Edition*. USA: John Wiley & Sons, Inc
9. Tipler, P.A. 1991.*Fisika Untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Erlangga
10. Chapra, S.C., R.P. Canale. 2014. *Numerical Methods for Engineers 7th Edition*. McGraw-Hill Education: New York
11. Giancolli, Douglas C. 1997. *Fisika Jilid I Edisi Keempat*. Terjemahan Cuk Imawan, dkk. Jakarta: Erlangga
12. Boas, M.L. 1983. *Mathematical Methods in the Physical Sciences 3rd Edition*. USA: John Wiley & Sons, Inc
13. Beiser, Arthur. 1981. *Konsep Fisika Modern*. Jakarta: Erlangga

RANCANG BANGUN ALAT PEMANTAU KONDISI KESEHATAN PADA TUBUH MANUSIA MENGGUNAKAN MIKROKONTROLLER BERBASIS KOMUNIKASI BLUETOOTH HC-05

Andreas Nggaba Ngabi, Jonshon Tarigan, Ali Warsito

Fisika, Fakultas Sains dan Teknik Universitas Nusa Cendana, Indonesia

Jl. Adisucipto PO Box 139 Penfui Kupang

Email : andreasnggabangabi@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini dilaksanakan dengan mengidentifikasi masalah dengan merancang dan menggabungkan alat pendeteksi suhu tubuh, detak jantung dan nafas manusia dengan mikrokontroler berbasis arduino Uno dan komunikasi Bluetooth HC-05. Tujuan penelitian ini adalah untuk merealisasikan alat instrumentasi pemantau kondisi kesehatan tubuh manusia berbasis arduino uno dan untuk mengukur secara real time dan otomatis kondisi kesehatan dengan memanfaatkan sensor suhu, detak jantung, dan frekuensi nafas pada manusia. Metode penelitian ini dengan mengukur kondisi kesehatan dengan menentukan objek penelitian dengan mengukur ketiga indikator yaitu detak jantung, suhu tubuh, dan nafas dengan dua cara, yaitu mengukur menggunakan alat berbasis arduino dan alat standard. Metode pengumpulan data yang digunakan adalah pengukuran dan dokumentasi. Hasil penelitian melalui pengukuran didapat hasil besaran fisika yang terdiri dari : suhu tubuh, detak jantung, dan nafas dengan membandingkan hasil penelitian menggunakan alat berbasis arduino dan alat standar. Berdasarkan penelitian diperoleh hasil pengukuran dari masing-masing kondisi kesehatan adalah : rata-rata error dari sembilan (9) sampel ukur dari alat yaitu suhu tubuh 0,75 °C dengan akurasi 99,25 %, detak jantung 3,33 BPM dengan akurasi alat 96,67 %, dan frekuensi nafas 2,4 X/mnt dengan akurasi alat 97,60 %. Dengan demikian alat ini dapat digunakan sebagai alat pemantau kondisi tubuh seperti : suhu tubuh, detak jantung, dan frekuensi nafas.

Kata kunci : *arduino uno; suhu tubuh; detak jantung; frekuensi nafas; bluetooth HC-05*

Abstract

His research was carried out by identifying problems by designing and combining human body temperature, heart rate and breath detectors with an Arduino Uno-based microcontroller and HC-05 Bluetooth communication. The purpose of this research is to realize an arduino uno-based instrumentation tool for monitoring the health of the human body and to measure in real time and automatically health conditions by utilizing temperature, heart rate, and respiratory frequency sensors in humans. This research method is to measure health conditions by determining the object of research by measuring the three indicators, namely heart rate, body temperature, and breath in two ways, namely measuring using Arduino-based tools and standard tools. The data collection method used is measurement and documentation. The results of the study by measuring the results of physical quantities consisting of: body temperature, heart rate, and breath by comparing the results of research using Arduino-based tools and standard tools. Based on the research, the measurement results for each health condition are: the average error of nine (9) measuring samples from the device, namely body temperature 0.75 °C with an accuracy of 99.25%, heart rate 3.33 BPM with an accuracy of 96.67%, and the frequency of breathing is 2.4 X/min with 97.60% accuracy of the instrument. Thus this tool can be used as a means of monitoring body conditions such as: body temperature, heart rate, and respiratory rate.

Keywords: *arduino uno, body temperature, heart rate, breathing frequency, bluetooth HC-05*

PENDAHULUAN

Selaras dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, dan dengan perkembangan serta kemajuan dibidang elektronika dan instrumentasi, terutama dalam bidang mikrokontroler. Merancang berbagai alat untuk mempermudah dan menambah kenyamanan manusia dalam melakukan aktifitas (kebutuhan). Perkembangan alat instrumentasi dalam bidang medis terutama dalam melakukan pengukuran pada pasien yang sedang dirawat, diantaranya dalam mengukur suhu tubuh, detak jantung, frekuensi napas dan lain sebagainya. Pasien yang selalu dikontrol oleh tenaga medis secara cepat dan tepat diantaranya pasien yang sedang koma ataupun pasien pingsan. Pasien koma itu sendiri adalah hilangnya kesadaran sementara yang terkait dengan kurangnya aliran darah ke otak. Pasien koma tidak dapat dibangunkan, dan tidak memberikan respon normal terhadap rasa sakit atau rangsangan cahaya. Seorang pasien yang sedang mengalami koma dan pingsan tidak dapat diprediksi kapan pasien tersebut akan sadar. Pasien pingsan terjadi saat kondisi dimana otak kekurangan pasokan oksigen, sehingga terjadi hilang kesadaran sesaat. Namun, apabila pasien pingsan (sinkop) tidak

kunjung sadar, bisa terjadi karena diakibatkan oleh kegawat daruratan medis. Oleh karena itu keadaan pasien koma dan pasien pingsan harus selalu dipantau secara tepat dan cepat oleh tenaga medis untuk menghindari hal-hal yang tidak diinginkan.

Penanganan pasien koma ataupun pasien pingsan, tenaga medis akan melakukan beberapa pemantauan kondisi tubuh, diantara yaitu suhu tubuh, detak jantung, dan frekuensi napas pasien. Saat ini, alat monitoring untuk menghitung denyut jantung, suhu tubuh dan frekuensi napas sudah tersedia, baik konvensional maupun digital. Termometer air raksa dan stetoskop merupakan alat yang biasa digunakan oleh tenaga medis. Akan tetapi, alat-alat tersebut digunakan secara manual dan terpisah dalam melakukan monitoring kondisi tubuh pasien yang sedang dirawatnya. Alat-alat tersebut dapat melakukan pengukuran secara realtime dalam menampilkan data hasil pengukuran.

Alat pemantau kondisi tubuh ini, akan dirancang dengan menggunakan sensor suhu DS18B20, pulse sensor, sound sensor, Arduino Uno, dan bluetooth HC-05. Perancangan alat pemantau kondisi kesehatan manusia ini dengan menggabungkan alat pendeteksi suhu tubuh, detak jantung dan frekuensi napas manusia. Arduino uno sebagai mikrokontroler dari alat pemantau kondisi kesehatan tubuh manusia. Smartphone android sebagai basis sistem yang diterapkan untuk mengoperasikan dan menampilkan data pembacaan sensor. Sistem koneksi antara alat pemantau kondisi kesehatan tubuh dan smartphone android menggunakan media komunikasi bluetooth HC-05.

Dalam penelitian ini yaitu dengan merancang alat pemantau kondisi tubuh manusia secara bersamaan antara suhu tubuh, detak jantung, dan frekuensi napas. Penelitian ini dilakukan secara bersamaan, realtime dan kontinu dengan memanfaatkan komunikasi bluetooth. Sistem alat ini dapat melakukan pengukuran dengan jarak yang cukup jauh tanpa berinteraksi langsung dengan pasien. Perancangan alat ini dapat memantau beberapa kondisi kesehatan tubuh manusia diantaranya suhu tubuh, detak jantung, dan frekuensi napas saja dengan jarak antara 5-10 meter.

LANDASAN TEORI

Arduino Uno

Pengembangan sistem pemantau kesehatan tubuh manusia terdiri dari perancangan hardware dan software. Perancangan hardware meliputi perakitan sistem mikrokontroler arduino uno untuk menerima dan mengelola data dari sensor. Mikrokontroler arduino uno juga berperan mengirimkan data suhu tubuh, dan frekuensi nafas manusia ke ponsel melalui komunikasi Bluetooth HC-05, dan juga mengirimkan data detak jantung ke serial monitor. Arduino uno ini merupakan sebuah Board mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega 328 [2]. Board ini dapat terhubung ke 14 sinyal digital I/O dan 6 sinyal analog input [8, 10], lalu board ini bersifat open-source [1,7], dan bahasa pemrograman yang digunakan adalah bahasa C [5]. Gambar alat arduino uno dapat dilihat pada gambar 1 [3].



Gambar 1. Arduino Uno

Sensor Suhu DS18B20

Sensor yang digunakan untuk mendeteksi suhu adalah sensor suhu DS18B20. Sensor suhu DS18B20 adalah sensor digital yang dapat dihubungkan dengan mikrokontroler lewat antar muka i-Wire [12]. Sensor suhu DS18B20 relatif dengan keluaran berupa sinyal digital serta memiliki 3 pin yang terdiri dari power supply, data signal, dan ground. DS18B20 memiliki tingkat akurasi yang cukup tinggi, yaitu 0,5 °C pada rentang suhu -10 °C sampai 85 °C [9]. Detail gambar sensor suhu DS18B20 dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Sensor Suhu DS18B20

Pulse Sensor

Sensor yang digunakan untuk mendeteksi detak jantung Pulse Sensor. Pulse sensor [14] adalah sebuah sensor denyut jantung yang dirancang untuk Arduino. Sensor ini dapat digunakan untuk mempermudah penggabungan antara pengukuran detak jantung dengan aplikasi data ke dalam pengembangannya. Pulse sensor mencakup sebuah aplikasi monitoring yang bersifat open source. Pulse Sensor memiliki 3 pin yaitu VCC (power), GND (ground), dan signal (data) [11]. Gambar pulse sensor dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Pulse Sensor

Sound Sensor

Sensor yang digunakan untuk mendeteksi frekuensi nafas adalah Sound Sensor. Sound sensor adalah sensor yang berfungsi untuk mendeteksi hembusan napas dari manusia. Komponen utama dari sensor ini adalah sebuah kondensator microphone yang berfungsi mengubah getaran hembusan napas menjadi sinyal listrik [12]. Sound Sensor memiliki 4 pin yaitu VCC, GND, A0 dan D0. Gambar Sound sensor dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Sound Sensor

Bluetooth HC-05

HC merupakan produk Bluetooth seri yang terdiri dari modul Bluetooth interface serial dan adapter (Bluetooth HC, 2013). Modul Bluetooth serial digunakan untuk mengkonversi port serial Bluetooth. Modul ini memiliki dua mode: master dan slave. Perangkat Bluetooth HC yang dinamai dengan angka genap didefinisikan untuk menjadi master atau slave saja ketika keluar dari pabrik dan tidak dapat diubah ke mode lainnya. Tapi untuk perangkat dinamai angka ganjil, pengguna dapat mengatur mode kerja (master atau slave) dari perangkat dengan perintah AT. Bluetooth HC-05 memiliki 6 pin yaitu enable/key, VCC, GND, Tx, Rx, dan State. Gambar modul Bluetooth HC-05 dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Modul Bluetooth HC-05

METODE PENELITIAN

Perancangan Software

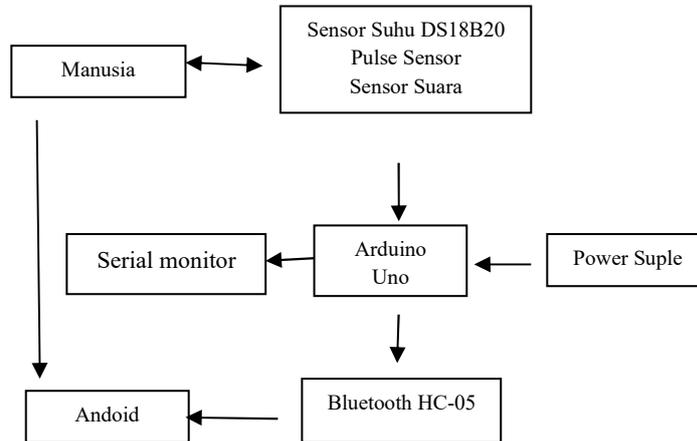
Perancangan software meliputi tampilan serial monitor dan tampilan aplikasi virtuino. Pada tampilan serial monitor digunakan untuk menampilkan data dari setiap sensor yang digunakan pada alat ini. Virtuino merupakan aplikasi android untuk monitoring sensor atau mengontrol perangkat listrik melalui Bluetooth, wifi atau internet [13]. Perancangan software pada aplikasi virtuino meliputi Desain tampilan pada layar ponsel melalui pengaturan komponen panel [6]. Aplikasi ini memvisualisasikan proyek arduino dengan widget yaitu untuk menampilkan data pembacaan sensor [mustabinnur, 2020]. Pada perancangan alat pemantau kondisi kesehatan tubuh manusia ini virtuino digunakan untuk menampilkan data sensor suhu DS18B20 dan sound sensor. Virtuino merupakan aplikasi ponsel yang dapat digunakan pada semua tipe ponsel android. Berikut merupakan penjabaran bagaimana cara menggunakan virtuino pada penelitian ini:

1. Unduh aplikasi Virtuino[6]
2. Sambungkan modul yang tersambung dengan papan arduino (Bluetooth) sebagai alat pengirim data
3. Bergantung pada modul yang terhubung dengan arduino, pilih contoh yang sesuai dengan virtuino library.

4. Jalankan virtuino aplikasi, pada menu utama
5. Setelah semua tahap telah selesai desain virtuino dapat dilakukan

Diagram Blok Sistem

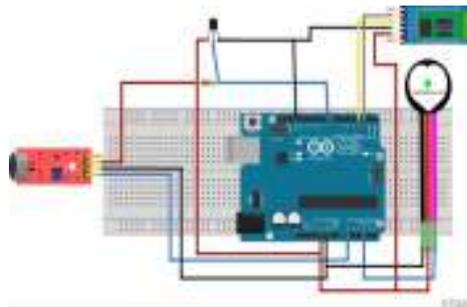
Diagram Blok pada gambar 6. Menggambarkan cara kerja alat pemantau kondisi tubuh manusia yang sebelumnya diprogramkan ke dalam arduino uno. Tahap pertama adalah pembacaan suhu tubuh, detak jantung, dan frekuensi nafas pada tubuh manusia yang dilakukan oleh sensor yang digunakan dan ditampilkan pada serial monitor untuk pembacaan sensor detak jantung, sedangkan untuk pembacaan sensor suhu dan sound sensor di tampilkan pada aplikasi Virtuino di Android.



Gambar 6. Tahapan kerja alat

PERANCANGAN SISTEM SECARA KESELURUHAN

Wujud dari rangkaian yang sudah dirancang sebelumnya tampak seperti pada gambar 7. Tahapan ini membutuhkan waktu yang lebih lama, karena terdapat pembuatan kode program untuk alat. Arduino uno berfungsi sebagai komponen utama dari semua komponen pendukung. Arduino Uno ini diprogram untuk menampung data dari sensor yang digunakan dan data dari sensor akan dikirim di ponsel untuk memonitoring hasil pengukuran dari sensor yang digunakan. Sensor suhu DS18B20 berfungsi sebagai sensor pengukur suhu dan di distribusikan ke komponen utama arduino uno. Selanjutnya data tersebut dikirim ke android melalui komponen Bluetooth HC-05, data yang di dapat dari sensor suhu juga dapat bisa ditampilkan pada serial monitor. Pulse Sensor berfungsi sebagai sensor deteksi detak jantung dalam BPM dan di distribusikan ke komponen utama arduino uno. Data dari pulse sensor ditampilkan pada serial monitor. Sensor Sound berfungsi untuk membaca frekuensi nafas dan di distribusikan ke komponen utama arduino uno. Data dari Pulse sensor akan dikirim ke android melalui komunikasi Bluetooth HC-05, data dari sensor Sound juga bisa ditampilkan pada serial monitor. Bluetooth HC-05 di distribusikan dengan komponen utama arduino uno. Bluetooth HC-05 berfungsi untuk menerima data dari sensor suhu dan sensor sound, juga mengirim data sensor ke android. Sebagai pengantar arus arduino di sambungkan dengan alat cas HP yang di distribusikan dengan kabel USB tipe arduino uno yang digunakan.



Gambar 7. Rangkaian alat dan komponen pada arduino uno

Rangkaian alat dan komponen pada arduino uno menggambarkan arduino sebagai pusat pengelolaan data yang mendapat masukan dari sensor suhu DS18B20, pulse sensor dan Sound sensor. Lalu pembacaan dari sensor suhu dan pulse sensor akan ditampilkan pada android dengan memanfaatkan komunikasi Bluetooth HC-05, sedangkan pulse sensor akan ditampilkan pada serial. Tahapan terakhir yaitu pengujian terhadap setiap komponen elektronika yang digunakan beserta pengujian terhadap program yang telah dibuat.

Pada pengujian alat ukur yang telah dirangkai yaitu dengan melakukan pengukuran suhu tubuh, Detak jantung dan frekuensi napas. Hasil pengukuran alat yang dirangkai akan dibandingkan dengan alat standard yang telah ada. Alat pembanding yang digunakan yaitu termometer untuk sensor suhu, aplikasi android yaitu instant heart rate untuk pulse sensor, dan frekuensi napas menggunakan perhitungan manual.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran Suhu Tubuh

Pada pengukuran ini menggunakan alat pembanding termometer digital. Termometer digital digunakan sebagai alat pembanding terhadap hasil pengukuran sensor suhu DS18B20. Data hasil pengujian dan kalibrasi pengukuran alat dan termometer digital dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengukuran suhu tubuh menggunakan alat yang dirangkai dan alat standard

No	Nama	Jenis Kelamin	Umur (Tahun)	Pengukuran Alat	Alat Standar	Error	Akurasi (%)
				Suhu Tubuh (°C)	Suhu Tubuh (°C)		
1	A	P	8	34,50	32,20	2,30	97,70
2	B	P	10	35,00	35,40	0,40	99,60
3	C	L	17	34,81	35,90	0,09	99,91
4	D	P	19	35,19	36,00	0,81	99,19
5	E	L	23	35,20	36,50	1,30	98,70
6	F	L	24	35,13	36,00	0,87	99,13
7	G	L	24	35,56	35,60	0,04	99,96
8	H	L	25	35,44	36,20	0,76	99,24
9	I	L	57	35,19	35,40	0,21	99,79
Rata-rata				35,11	35,47	0,75	99,25

Berdasarkan data pada tabel 1 yaitu data hasil pengukuran suhu tubuh menggunakan alat yang dirangkai dan hasil pengukuran suhu tubuh menggunakan alat standar. Dalam melakukan pengukuran suhu tubuh dilakukan secara bersamaan antara alat yang dirangkai dan alat standar. Penggunaan alat standar juga sama dengan sensor suhu DS18B20 yaitu dengan meletakkan sensor suhu DS18B20 dan termometer digital pada katiak (aksila). Dari data hasil pengukuran yang diperoleh yaitu didapatkan rata-rata pengukuran suhu tubuh menggunakan alat yaitu 35,11 °C dan rata-rata suhu tubuh menggunakan termometer digital yaitu 35,47 °C. Dari rata-rata hasil pengukuran suhu didapatkan rata-rata akurasi alat yang cukup baik jika dibandingkan dengan alat termometer digital, dengan rata-rata tingkat akurasi yaitu 99,25 %.

Pengukuran Detak Jantung

Pada pengukuran ini menggunakan alat pembanding aplikasi android yaitu Instant Heart Rate. Aplikasi Instant Heart Rate digunakan sebagai alat pembanding dalam pengukuran detak jantung menggunakan Pulse Sensor. Data hasil pengujian dan kalibrasi pengukuran sensor detak jantung dan aplikasi Instant Heart Rate dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengukuran Detak Jantung menggunakan alat yang dirangkai dan alat standard

No	Nama	Jenis Kelamin	Umur (Tahun)	Pengukuran Alat	Alat Standar	Error	Akurasi (%)
				Detak jantung (BPM)	Detak jantung (BPM)		
1	A	P	8	87	84	3	97
2	B	P	10	76	79	3	97
3	C	L	17	58	65	7	93
4	D	P	19	90	93	3	97
5	E	L	23	68	58	10	90
6	F	L	24	80	79	1	99
7	G	L	24	100	100	0	100
8	H	L	25	78	75	3	97
9	I	L	57	73	73	0	100
Rata-rata				78,89	78,44	3,33	96,67

Tabel 2 merupakan tabel hasil perbandingan pengukuran alat yang dirangkai yaitu sensor detak jantung (Pulse Sensor) dan alat pembanding. Pada saat pengukuran detak jantung dilakukan secara bersamaan baik pulse sensor dan aplikasi deteksi jantung pada android. Cara menggunakan aplikasi pembanding detak jantung yaitu dengan meletakkan ujung jari telunjuk pada kamera android (HandPhone/HP). Dari tabel 4.2 dapat dilihat rata-rata detak jantung menggunakan alat dan rata-rata detak jantung menggunakan aplikasi android yaitu 78,89 BPM dan 78,44 BPM. Dari perbedaan yang didapat maka alat ini dapat digunakan karena didapatkan error 3,33 BPM dengan akurasi alat yaitu 96,67 %.

Pengukuran Frekuensi Nafas

Data pengukuran dari sensor dapat di tampilkan pada aplikasi Virtuino pada android dengan memanfaatkan komunikasi Bluetooth HC-05. Pada pengukuran frekuensi nafas menggunakan pembanding dengan cara manual, yaitu dengan menghitung nafas selama satu menit dengan mengambil nafas dan membuang nafas. Perhitungannya yaitu membuang dan mengambil nafas di hitung satu kali nafas. Data hasil pengujian dan kalibrasi pengukuran sensor sound dan perhitungan secara manual dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengukuran frekuensi nafas menggunakan alat dan perhitungan manual

No	Nama	Jenis Kelamin	Umur (Tahun)	Pengukuran Alat	Alat Standar	Error	Akurasi (%)
				Respirasi (/Mnt)	Respirasi (/Mnt)		
1	A	P	8	24	22	2	98
2	B	P	10	24	22	2	98
3	C	L	17	20	28	8	92
4	D	P	19	20	20	0	100
5	E	L	23	21	19	2	98
6	F	L	24	22	21	1	99
7	G	L	24	19	24	5	95
8	H	L	25	26	25	1	99
9	I	L	57	29	28	1	99
Rata-rata				22,78	23,2	2,4	97,6

Tabel 3 merupakan hasil pengukuran frekuensi nafas menggunakan alat yang telah dirangkai dan diprogramkan pada arduino uno dan perhitungan manual. Pada saat melakukan pengukuran alat dan perhitungan manual tidak dilakukan secara bersamaan karena sensor diletakkan pada ujung hidung manusia dan dalam melakukan perhitungan manual kita tidak bisa amati ketika manusia mengambil nafas dan mengeluarkan nafas. Oleh karena itu, dalam pengukuran ini bisa berbeda atau berubah dalam melakukan frekuensi nafas.

Jadi berdasarkan pengukuran alat pemantau kondisi tubuh manusia dari pengujian alat dapat bekerja dengan baik dan akurat dalam mengukur suhu tubuh, detak jantung, dan frekuensi nafas. Ini berdasarkan rata-rata akurasi alat yang dirangkai yaitu untuk sensor suhu 96,67 %, Pulse sensor 99,25 %, dan sound sensor 97,6 %. Sehingga alat ini dapat digunakan sebagai referensi untuk melakukan pengukuran suhu tubuh, detak jantung, dan frekuensi nafas.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh kesimpulan dari pengujian alat yang dirangkai adalah sebagai berikut:

Alat pemantau kondisi kesehatan manusia dapat dirancang dengan menggunakan sensor suhu DS18B20, Pulse Sensor, dan Sound sensor, Arduino Uno sebagai mikrokontroller, dan modul Bluetooth HC-05 sebagai komunikasi android. Alat pemantau kondisi kesehatan manusia yang dirancang dapat digunakan untuk mengukur suhu tubuh, detak jantung, dan frekuensi nafas secara real time (otomatis) dengan komunikasi bluetooth. Rata-rata akurasi alat yang dirangkai yaitu untuk sensor suhu 96,67 %, Pulse sensor 99,25 %, dan sound sensor 97,6 %.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian maka diperoleh saran yaitu :
Alat ini sebaiknya jangan digunakan sebagai bahan diagnosis penyakit, tetapi hanya digunakan untuk memantau atau memonitoring kondisi tubuh pada manusia. Dalam mengukur frekuensi nafas menggunakan sensor lain yang memiliki spesifikasi dan sensitifitas yang lebih baik. Ditambahkan LCD untuk mempermudah membaca data keluaran sensor

DAFTAR PUSTAKA

1. A. F. Silvia, E. Haritman, Y. Muladi. Rancang bangun akses kontrol pintu gerbang berbasis arduino dan android, *Elektrans*. 13 (2014) 1-10.
2. A. S. Rafika, Sudaryono, W. D. Andoyo. Prototype perancangan sistem otomatis pembaca suhu ruangan menggunakan output kipas dan sensor LM35 berbasis mikrokontroler Atmega16. 8 (2014), 102-111.
3. Artanto, Dian. 2012. *Interaksi Arduino dan LabVIEW*. Jakarta: Elex Media Komputindo.
4. Budiharto, Widodo. 2020. *Menguasai Pemrograman Arduino dan Robot*. Jakarta: CV Pusat e-Tecology.
5. Darwinson, R. Wahyudi. Kontrol kecepatan robot hexapod pemadam api menggunakan metode logika Fuzzy, *Jurnal Nasional Teknik Elektro*. 4 (2014), 227-234.
6. Download Virtuino Library : <http://iliaslamprou.mysch.gr/virtuino/virtuino.zip>
7. H. Guntoro, Y. Somantri, E. Haritman. Rancang bangun magnetic door lock menggunakan keypad dan solenoid berbasis mikrokontroler arduino uno, *Elektrans*. 12 (2013), 39-48.
8. M. Ichwan, M. G. Husada, M. I. A. Rasyid. Pembangunan prototipe sistem pengendalian peralatan listrik pada platform android, *Jurnal Informatika*. I (2013), 13-25.
9. Nurazizah, Ellia. Ramdani, Muhammad. Rizal, Ahcmad. 2017. Rancang bangun termometer digital berbasis sensor DS18B20 untuk penyandang tunanetra. *Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro. Universitas Telkom*
10. P. Mandarani, Zaini. Pengembangan sistem monitoring pada building automation sistem (BAS) berbasis WEB di Fakultas Teknik Universitas Andalas, *Jurnal Teknik Elektro ITP*. 4 (2015), 7-16.
11. Rozie, Facrul, Dkk. 2016. Rancang bangun alat monitoring jumlah denyut nadi / jantung berbasis Android. jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, universitas Tanjungpura.
12. Septiani, Anita Dwi. 2015. *Perancangan Alat Pemantau Kondisi Kesehatan Manusia*. Universitas Negeri Semarang.
13. Virtuino, 2019. Virtuino[online] (<https://virtuino.com/>)
14. Wohingati, Galuh Wahyu, Dkk. 2013. Alat Pengukur Detak Jantung Menggunakan Pulse Sensor Berbasis Arduino R3 yang diintegrasikan dengan Bluetooth. *Jurnal Diploma III Teknik Elektro Universitas Diponegoro*.
15. Zainuri, Akhmad & Dkk. 2015. Implementasi Bluetooth HC-05 untuk memperbarui informasi pada perangkat running text berbasis android. *Jurnal EECCIS Vol. 9, No.2. Universitas Diponegoro*.

ANALISIS SPEKTRUM SERAPAN DAN PHOTOLUMINESSENS KARBON NANODOTS (K-DOTS) BERBASIS SEKAM PADI ASAL KABUPATEN KUPANG

Maria A. Jaya, Albert Zicko Johannes, Redi K. Pingak, Zakarias Seba Ngara

*Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Jl. Adisucipto Penfui, Kupang,
Nusa Tenggara Timur, Indonesia*

Corresponding author: zakariasngara@staf.undana.ac.id

Abstrak

Dalam penelitian ini, Kami mendemonstrasikan proses fabrikasi dan analisis spektrum serapan dan photoluminesens material karbon nanodots (K-dots) berbasis sekam padiasal kabupaten Kupang, Propinsi Nusa tenggara Timur (NTT). Proses fabrikasi K-dots dari sekam padi adalah sekam padi (20 gram) dalam bentuk serbuk dipanaskan dengan furnace pada suhu 400°C selama 30 menit, kemudian didinginkan pada suhu kamar. Selanjutnya 0,5gram sekam padi yang sudah dipanaskan dilarutkan dalam 5 mL etanol untuk disonikasi selama satu jam kemudian 8 mL ditambahkan ke dalam sampel ini untuk proses sentrifugasi pada 1000 rpm selama 30 menit. Larutan etanol yang mengandung K-dots disaring untuk memperoleh material K-dots. Selanjutnya K-dots ini dengan konsentrasi 0.25 ppm diukur spektrum serapan dan photoluminisensnya. Berdasarkan analisis spektrum serapannya, jangkauan spektrum serapan dari 250 sampai dengan 400 nm dengan puncak serapannya terjadi pada panjang gelombang 276 nm yang merupakan karakteristik dari material K-dots. Celah energi K-dots ini adalah 3.1 eV. Ketika dieksitasi pada panjang gelombang 350 nm, jangkauan spektrum photoluminesens K-dots adalah 360 sampai dengan 650 nm dengan puncak photoluminesens nya terjadi pada 426 nm yang konsisten dengan warna emisi biru K-dots ketika diradiasi dengan lampu UV 365 nm. K-dots yang memancarkan warna biru ini akan memberikan peluang untuk diaplikasikan sebagai material sensing pada berbagai piranti elektronik.

Kata kunci: *spektrum serapan, photoluminesens, k-dots, sekam padi*

Abstract

In this work, we demonstrate the process of fabrication and analysis the absorption spectrum and photoluminescence of carbon nanodots (C-dots) materials based rice husks from Kupang regency, East Nusa Tenggara (NTT) Province. The fabrication process of C-dots from rice husk is rice husk 200 grams) in powder heated by furnace at 400°C for 30 minutes to realize black rice husk. The product was cooled down to room temperature. Then, 0.5 gram from this sample was dissolved in 5 mL of ethanol to be sonicated for an hour and ethanol (8 mL) were added again to this sample to be centrifuged at 1000 rpm for 30 minutes. The ethanol solution containing C-dots was filtered to obtain C-dots materials. Furthermore, the C-dots with a concentration of 0.25 ppm were measured their absorption and photoluminescence spectra. Based on the absorption spectrum analysis, the absorption spectrum ranges is from 250 to 400 nm with its absorption peak at wavelength of 276 nm which is the characteristic of C-dots. The energy gap of these C-dots is 3.1 eV. When upon excited at wavelength of 350 nm, the range of photoluminescence spectrum is 360 to 650 nm with the photoluminescence peak at 426 nm which is consistent with the blue emission color of the C-dots when irradiated with UV lamp at 365 nm. C-dots that emit blue color will provide opportunity to be applied as a sensing material in various electronic devices.

Keywords: *absorption spectrum, photoluminescence, c-dots, rice husk*

PENDAHULUAN

Nanomaterial berpendar merupakan salah satu fokus riset terbaru dalam ilmu material mengingat sifat-sifat fisika dan kimia nanomaterial yang lebih baik daripada material berukuran makro. Sifat fluoresens dan stabilitas yang tinggi dari nanomaterial ini menyebabkan nanomaterial dapat digunakan sebagai material sensing pada berbagai piranti elektronik [1]. dapat Salah satu contoh nanomaterial yang berpendar ketika diradiasi adalah karbon nanodots (K-dots) yang ditemukan oleh Sun, dkk., pada tahun 2006[2]. Penemuan material K-dots ini diawali dengan penemuan material karbon-nanotube pada tahun 2004 oleh Xu, dkk.[3].

Pada dasarnya, material K-dots dapat dibuat dari bahan anorganik ataupun bahan organik. Namun demikian, material K-dots yang terbuat dari bahan-bahan anorganik memiliki kekurangan, yaitu mengandung racun yang tinggi sehingga dapat membatasi aplikasinya dalam kehidupan manusia karena dapat mencemarkan lingkungan [4,5]. Untuk mengatasi kekurangan dari material K-dots yang terbuat dari bahan-bahan anorganik ini, Fabrikasi K-dots dari material organik merupakan salah satu solusinya mengingat material-material organik mengandung nilai racun rendah sehingga dalam penerapannya tidak menyebabkan pencemaran lingkungan [4]. Material K-dots merupakan material carbon nanomaterial dengan ukuran antara 2 dan 10 nm[6]. Material K-dots selain memiliki sifat fluoresens dan photostabilitas yang tinggi [7], material K-dots juga memiliki kelarutan yang baik dalam air dan tahan terhadap photo-bleaching[7,8], memiliki racun yang rendah [6,9].

Sejak ditemuka material K-dots pada tahun 2006, fabrikasi, kajian sifat fisika dan kimia K-dots serta penerapannya sebagai material fungsional pada berbagai piranti elektronik seperti sensor [10–14], Bioimaging dan biomedikal (*drug delivery*)[15,16], solar cell [5], dan lain-lain. Sejauh ini, fabrikasi dan kajian sifat-sifat K-dots dari bahan organik telah dilakukan seperti kulit semangka [17], bawang putih dari China, [18], Jus apel [19], jus jeruk [20], buah pisang [21] dari India, jus sirsak dari kabupaten Kupang, Indonesia[22].

Dalam penelitian ini, kami akan memfabrikasi material K-dots dari kulit padi asal kabupaten Kupang, Propinsi Nusa Tenggara Timur, Indonesia. Indonesia merupakan negara agraris, di mana sebagian besar penduduknya bekerja di sektor pertanian. Salah satu produk utama pertanian di Indonesia adalah padi termasuk di Kabupaten kupang. Padi merupakan salah satu tanaman yang cukup penting bagi kehidupan manusia khususnya di Indonesia. Hal ini dikarenakan padi adalah salah satu komoditi utama sebagai sumber karbon hidrat bagi manusia. Akan tetapi, kulit padi yang disebut sekam padi merupakan bagian yang dibuat oleh masyarakat. Pada hal, sekam padi mengandung unsur karbon yang tinggi yang jika diolah akan dapat menghasilkan senyawa K-dots yang dapat bermanfaat bagi kehidupan manusia. Hal inilah yang mendorong bagi kami untuk melakukan kajian pembuatan K-dots dari sekam padi asal daerah Oesao, Kabupaten Kupang.

Berdasarkan hasil kajian yang kami telah lakukan, K-dots dari sekam padi memiliki serapan maksimum pada 276 nm dan memancarkan warna biru. Hal menarik adalah ketika K-dots diiradiasi dengan lampu UV pada 365 nm, K-dots ini memiliki puncak fluoresens pada panjang gelombang 422 nm yang bersesuaian dengan warna emisi birunya. Oleh karena itu, pendaran warna biru dari K-dots ini dapat digunakan sebagai material sensing pada berbagai divais elektronik.

PROSEDUR EKSPERIMEN

Fabrikasi K-dots dari sekam padi

Sekam padi (1kg) diblender kemudian diayak untuk mendapatkan serbuk sekam padi. Sebanyak 20gram sekam padi di bakar menggunakan furnace pada suhu 400°C selama 30 menit untuk mendapatkan sampel berwarna hitam. warna hitam ini menunjukkan bahwa material karbon sudah terbentuk. Kemudian, 0,5 gram sekam padi yang sudah dibakar dilarutkan dalam 5mL etanol untuk disonikasi selama satu jam. Setelah itu, ditambahkan 8 mL etanol lagi ke dalam sampel ini untuk disentrifugasi 1000 rpm selama 20 menit untuk memisahkan K-dots dari karbon biasa. Selanjutnya larutan etanol yang mengandung K-dots disaring untuk memperoleh K-dots setelah disimpan selama 24 jam. Untuk membuktikan bahwa K-dots telah diperoleh dari sekam padi, K-dots dalam larutan etanol diradiasi dengan lampu UV pada 365 nm apakah K-dots ini berpendar atau tidak. Jika berpendar, itu artinya K-dots telah berhasil diperoleh dari sekam padi.

Pengukuran Spektrum Serapan K-dots

K-dots dengan konsentrasi 0,04, 0,14, dan 0,25 ppm diukur spektrum serapannya dengan spektrophotometer UV-Vis pada daerah 200-800 nm dilaboratorium BioSains Undana, Kupang

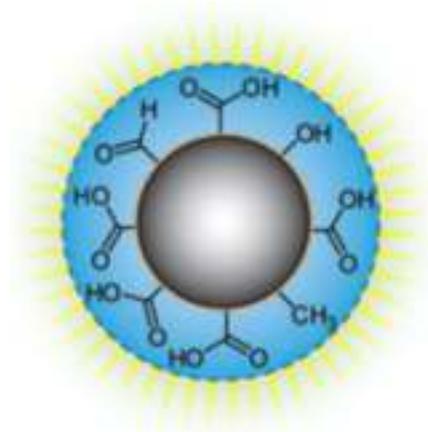
Pengukuran Spektrum Fluoresens

K-dots dengan konsentrasi 0,25 ppm diukur spektrum fluoresensinya dengan spektrofлуorometer model SHIMADZU RF-6000 di laboratorium LPPT UGM, Yogyakarta.

HASIL DAN PEMBAHASAN

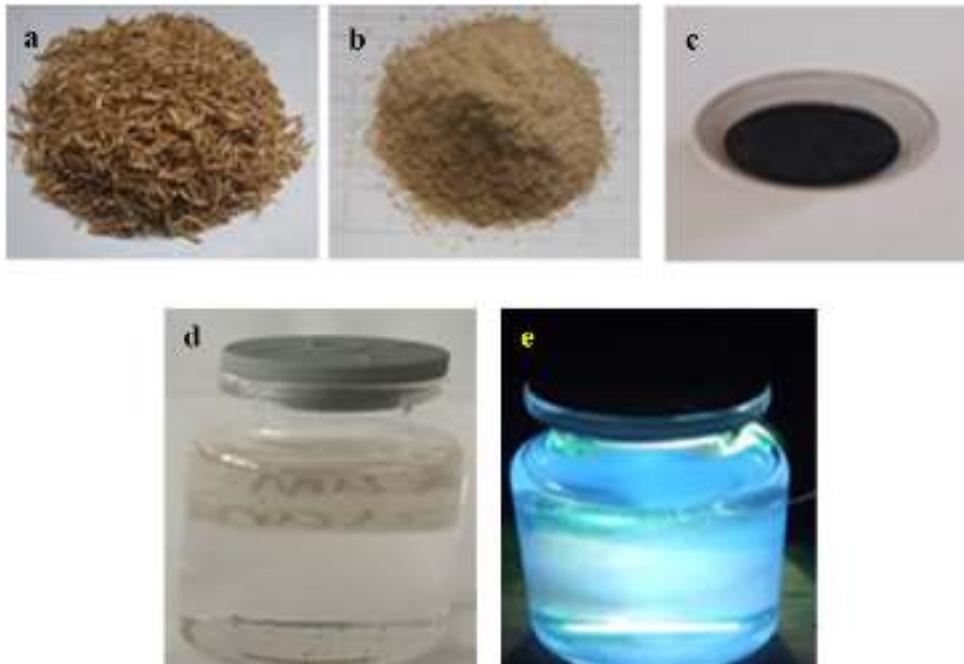
Struktur molekul dan Fabrikasi K-dots dari sekam padi.

Gambar 1 menyajikan struktur molekul material K-dots [23]. Material K-dots dengan ukuran kurang dari 10 nm tersusun atas unsur-unsur C, H, N, dan O dengan unsur C dan O memiliki komposisi massa yang besar karena kehadiran gugus asam karboxylic (Gambar 1) sehingga K-dots memiliki kelarutan yang baik dalam air. Dalam material K-dots, komposisi massa unsur C, H, N dan O masing-masing adalah 53.9%, 2.6%, 1.2%, dan 40.3%. Sedangkan dalam material karbon biasa, komposisinya masing-masing adalah 91.7%, 1.8%, 1.8% dan 4.4%. Hasil ini menunjukkan bahwa proses pembuatan material K-dots adalah proses untuk mereduksi massa atom karbon menjadi atom oksigen sebagai bagian dari gugus karbonil. Material K-dots memiliki beberapa kelompok fungsional material seperti amino, epoxy, ether, carbonyl, hydroxyl and asam carboxylic. Gugus hydroxyl inilah yang menyebabkan material K-dots memiliki kelarutan yang baik dalam air [7].

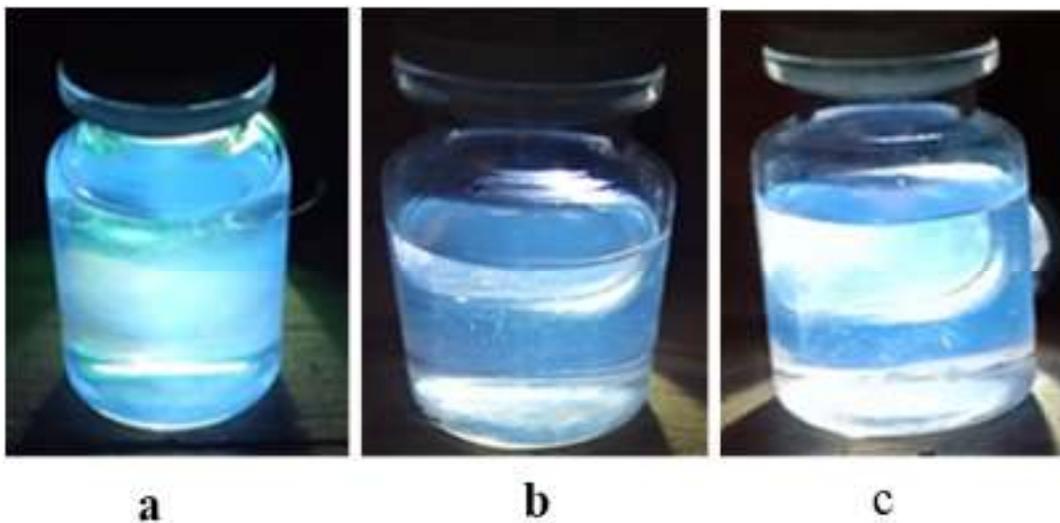


Gambar 1. Struktur molekul K-dots

Dalam penelitian ini, fabrikasi K-dots dari sekam padi (Gambar 2.a) dilakukan dengan pembakaran serbuk sekam padi (20 gram, Gambar 2b)) menggunakan furnace pada suhu 400⁰ C selama 30 menit untuk memperoleh sampel berwarna hitam (Gambar 2c). Sampel berwarna hitam ini menunjukkan bahwa material K-dots telah terbentuk. Kemudian 0,5 gram sampel warna hitam dilarutkan dalam 5 mL etanol dan dengan melalui proses sonikasi, sentrifugasi dan penyaringan, material K-dots diperoleh. Material K-dots ini diradiasi dengan lampu UV pada 365 nm dan memancarkan warna emisi biru seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2e. sedangkan Gambar 2d menunjukkan K-dots tanpa radiasi dengan lampu UV pada 356 nm. Warna pendaran biru dari K-dots ini menunjukkan bahwa sekam padi dapat disintesis untuk menghasilkan material K-dots. Warna pendaran biru dari k-dots ini bersesuaian dengan hasil-hasil pendaran K-dots yang telah dilakukan oleh orang lain sebelumnya [17,22]. Hal yang lebih penting adalah adalah K-dots yang berpendar ini dapat digunakan sebagai sensor [10–14], dan bioimaging [15–17]. Hal yang menarik adalah ketika K-dots dari sekam padi ini diradiasi dengan lampu UV pada 365 nm setelah satu bulan dan 3 bulan, material K-dots masih tetap memancarkan warna biru walaupun tingkat pancarannya mulai berkurang seperti yang dinyatakan pada Gambar 3. Hal ini merupakan suatu tantangan dalam bidang penelitian selanjutnya, yaitu bagaimana caranya untuk mempertahankan warna pendarannya dalam waktu yang lama sehingga tinggi tingkat photostabilitas tinggi.



Gambar 2. (a) Sekam padi, (b) serbuk sekam padi, (c) sekam padi yang sudah dibakar, (d) K-dots tanpa radiasi, (e) K-dots yang diradiasi dengan lampu UV 365 nm



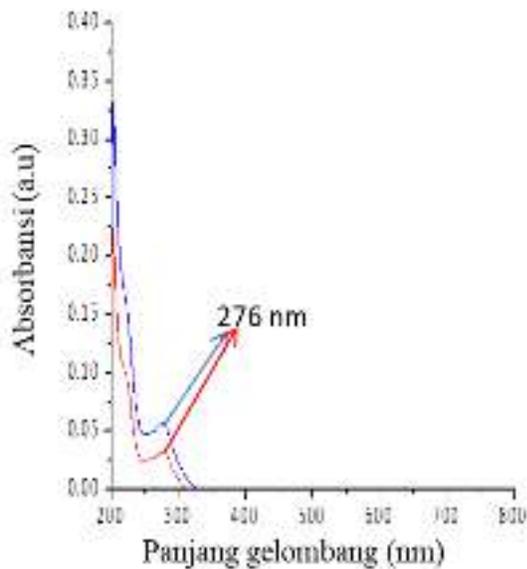
Gambar 3. Warna pendaran K-dots (a) permulaan, (b) setelah satu bulan, (c) setelah 3 bulan

Spektrum serapan dan Fluoresens K-dots dari sekam padi

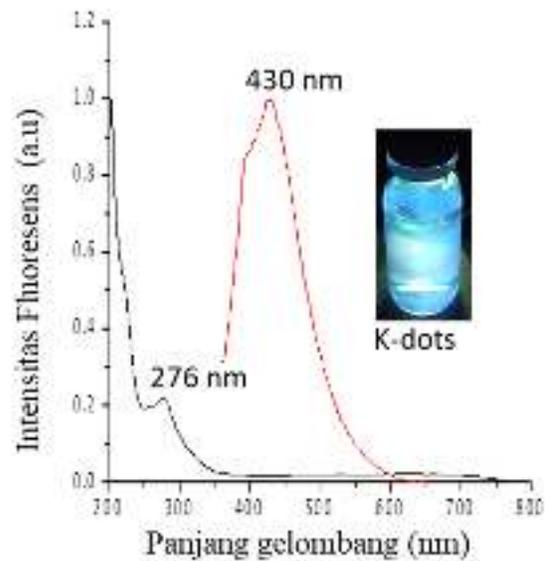
Gambar 4 menunjukkan spektrum serapan K-dots dengan konsentrasi 0,14 (merah) dan 0,25 ppm (biru). Berdasarkan Gambar 4, K-dots memiliki daerah serapan maksimum pada panjang gelombang 276

nm yang merupakan karakteristik dari material K-dots. Daerah serapan ini merupakan transisi $\pi \rightarrow \pi^*$ [6,9]. Hal menarik adalah, ketika konsentrasinya ditingkatkan, posisi serapan maksimumnya tidak bergeser artinya, K-dots ini tidak mengalami sifat batookromik atau fitokromik. Semakin besar konsentrasinya, nilai absorbansinya semakin besar, yaitu 0.033 dan 0.057 jmasing-masing untuk konsentrasi 0,14 dan 0,25 ppm. Juga semakin besar konsentrasi, semakin besar jangkauan serapannya, yaitu 240 sampai dengan 315 nm untuk 0,14 ppm dan 240 sampai dengan 325 nm untuk 0,25 ppm. Hal ini sesuai dengan hukum Beer-lambert. Koefisien serapan yang diperoleh pada konsentrasi 0,25 ppm adalah $13,1 \text{ m}^{-1}$

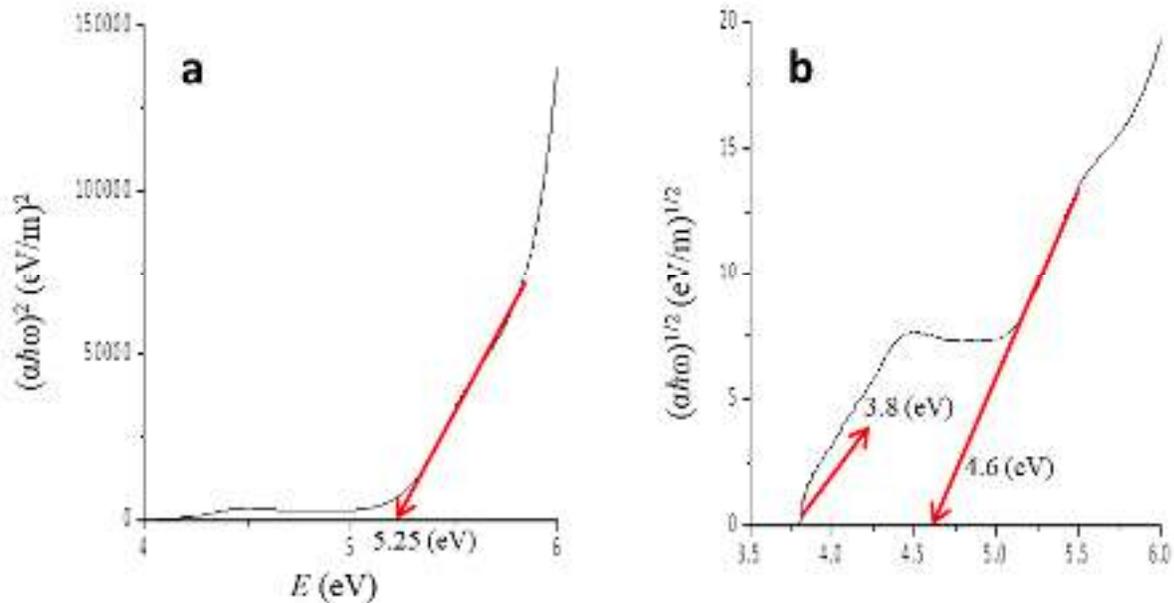
Gambar 5 meunjukkan spktrum serapan K-dots dengan konsentrasi 0.25 ppm (hitam) dan spektrum fluoresensnya (merah, 0.25 ppm). Berdasarkan Gambar 5, Posisi puncak intensitas fluoresens terjadi pada panjang gelombang 430 nm yang sesuai dengan warna pendaran K-dots, yaitu memancarkan warna biru seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5 sisipan). Berdasarkan Gambar 5, pergeseran stokes untuk material K-dots ini adalah 2,85 eV.



Gambar 4. Spektrum serapan K-dots (merah:0,14 ppm; Biru: 0,25 ppm)



Gambar 5. Spektrum serapan K-dots (hitam) spektrum fluoresens K-dots (merah). Sisipan: K-dots ketika diradiasi dengan lampu UV pada 365 nm



Gambar 6. (a) Kurva celah energi langsung (direct), (b) kurva celah energi tidak langsung (indirect) K-dots dari sekam padi

Berdasarkan Gambar 4 untuk spektrum serapan dengan konsentrasi K-dots sebesar 0.25 ppm, Nilai celah energi K-dots dari sekam padi adalah 3,81 eV yang bersesuaian dengan panjang gelombang pada tepi serapannya, yaitu 325 nm. Dengan menggunakan perumusan celah energi langsung (*direct*): $(\alpha\hbar\omega)^2 = A(\hbar\omega - E_g)$ dan celah energi tidak langsung (*indirect*): $(\alpha\hbar\omega)^{1/2} = A(\hbar\omega - E_g)$ [24,25], diperoleh nilai celah energi langsung dan tidak langsung dari K-dots seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Berdasarkan Gambar 6a dan 6b, nilai celah energi langsung dari K-dots adalah 5,25 eV. Sedangkan Celah energi tidak langsung K-dots adalah 3,8 eV dan 4,6 eV. Nilai celah energi tidak langsung sebesar 3,8 eV ini sama dengan nilai celah energi dari K-dots yang dihitung dengan menggunakan panjang gelombang pada tepi serapan. Dengan demikian, K-dots dari sekam padi memiliki celah energi tidak langsung (*indirect*). Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat diketahui bahwa nilai celah energi K-dots lebih kecil daripada nilai celah energi material karbon biasa ($\approx 5,5$ eV).

KESIMPULAN

Material K-dots dari sekam padi dapat diperoleh dengan metode sederhana, yaitu melalui proses pembakaran yang diikuti dengan proses sonikasi, sentrifugasi dan penyaringan. Material K-dots dari sekam padi memancarkan warna biru yang bersesuaian dengan posisi puncak intensitas fluoresensnya pada panjang gelombang 430 nm. Material K-dots ini juga memiliki daerah serapan maksimum pada 276 nm yang merupakan karakteristik dari material k-dots umumnya. Nilai celah energi dan koefisien serapan dari material K-dots ini masing-masing adalah 3,81 eV dan $13,1 \text{ m}^{-1}$. Hasil-hasil penelitian ini khususnya pendaran warna biru dari K-dots dapat membuka sebuah peluang untuk aplikasi material K-dots ini sebagai material sensing dan bioimaging pada berbagai piranti elektronik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini, kami mengucapkan terima kasih kepada Kepala Laboratorium Fisika Fakultas Sains Dan Teknik Universitas Nusa Cendana yang telah membantu menyediakan beberapa peralatan untuk proses fabrikasi K-dots, Kepala Laboratorium Biosains Undana yang telah membantu untuk pengukuran

spektrum serapan K-dots dan kepala laboratorium LPPT UGM yang telah membantu untuk pengukuran spektrum fluoresens K-dots.

DAFTAR PUSTAKA

1. Zhou, L., Lin, Y., Huang, Z., Ren, J., and Qu, X., 2012, Carbon Nanodots as Fluorescence Probes for Rapid, Sensitive, and Label-Free Detection of Hg²⁺ and Biothiols in Complex Matrices, *Chem. Commun.*, **48**(8), pp. 1147–1149.
2. Sun, Y. P., Zhou, B., Lin, Y., Wang, W., Fernando, K. A. S., Pathak, P., Mezziani, M. J., Harruff, B. A., Wang, X., Wang, H., Luo, P. G., Yang, H., Kose, M. E., Chen, B., Veca, L. M., and Xie, S. Y., 2006, Quantum-Sized Carbon Dots for Bright and Colorful Photoluminescence, *J. Am. Chem. Soc.*, **128**(24), pp. 7756–7757.
3. Xu, X., Ray, R., Gu, Y., Ploehn, H. J., Gearheart, L., Raker, K., and Scrivens, W. A., 2004, Electrophoretic Analysis and Purification of Fluorescent Single-Walled Carbon Nanotube Fragments, *J. Am. Chem. Soc.*, **126**(40), pp. 12736–12737.
4. Zhu, H., Wang, X., Li, Y., Wang, Z., Yang, F., and Yang, X., 2009, Microwave Synthesis of Fluorescent Carbon Nanoparticles with Electrochemiluminescence Properties, *Chem. Commun.*, (34), pp. 5118–5120.
5. Gupta, V., Chaudhary, N., Srivastava, R., Sharma, G. D., Bhardwaj, R., and Chand, S., 2011, Luminescent Graphene Quantum Dots for Organic Photovoltaic Devices, *J. Am. Chem. Soc.*, **133**(26), pp. 9960–9963.
6. Liu, W., Diao, H., Chang, H., Wang, H., Li, T., and Wei, W., 2017, Green Synthesis of Carbon Dots from Rose-Heart Radish and Application for Fe³⁺ Detection and Cell Imaging, *Sensors Actuators, B Chem.*, **241**, pp. 190–198.
7. Li, H., He, X., Kang, Z., Huang, H., Liu, Y., Liu, J., Lian, S., Tsang, C. H. A., Yang, X., and Lee, S. T., 2010, Water-Soluble Fluorescent Carbon Quantum Dots and Photocatalyst Design, *Angew. Chemie - Int. Ed.*, **49**(26), pp. 4430–4434.
8. Li, H., Kang, Z., Liu, Y., and Lee, S. T., 2012, Carbon Nanodots: Synthesis, Properties and Applications, *J. Mater. Chem.*, **22**(46), pp. 24230–24253.
9. Lu, W., Qin, X., Liu, S., Chang, G., Zhang, Y., Luo, Y., Asiri, A. M., Al-Youbi, A. O., and Sun, X., 2012, Economical, Green Synthesis of Fluorescent Carbon Nanoparticles and Their Use as Probes for Sensitive and Selective Detection of Mercury(II) Ions, *Anal. Chem.*, **84**(12), pp. 5351–5357.
10. Zhang, S., Li, J., Zeng, M., Xu, J., Wang, X., and Hu, W., 2014, Polymer Nanodots of Graphitic Carbon Nitride as Effective Fluorescent Probes for the Detection of, *Nanoscale*, **6**, pp. 4157–4162.
11. Qin, X., Lu, W., Asiri, A. M., Al-Youbi, A. O., and Sun, X., 2013, Microwave-Assisted Rapid Green Synthesis of Photoluminescent Carbon Nanodots from Flour and Their Applications for Sensitive and Selective Detection of Mercury(II) Ions, *Sensors Actuators, B Chem.*, **184**, pp. 156–162.
12. Wei, W., Xu, C., Ren, J., Xu, B., and Qu, X., 2012, Sensing Metal Ions with Ion Selectivity of a Crown Ether and Fluorescence Resonance Energy Transfer between Carbon Dots and Graphene, *Chem. Commun.*, **48**(9), pp. 1284–1286.
13. Vedamalai, M., Periasamy, A. P., Wang, C. W., Tseng, Y. T., Ho, L. C., Shih, C. C., and Chang, H. T., 2014, Carbon Nanodots Prepared from O-Phenylenediamine for Sensing of Cu²⁺ Ions in Cells, *Nanoscale*, **6**(21), pp. 13119–13125.
14. Liu, Y., Zhao, Y., and Zhang, Y., 2014, One-Step Green Synthesized Fluorescent Carbon Nanodots from Bamboo Leaves for Copper(II) Ion Detection, *Sensors Actuators, B Chem.*, **196**, pp. 647–652.
15. Bourlinos, A. B., Zbořil, R., Petr, J., Bakandritsos, A., Krysmann, M., and Giannelis, E. P., 2012, Luminescent Surface Quaternized Carbon Dots, *Chem. Mater.*, **24**(1), pp. 6–8.
16. Cao, L., Wang, X., Mezziani, M. J., Lu, F., Wang, H., Luo, P. G., and Lin, Y., 2007, Carbon Dots for Multiphoton Bioimaging, *J. Am. Chem. Soc.*, **129**, pp. 11318–11319.

17. Zhou, J., Sheng, Z., Han, H., Zou, M., and Li, C., 2012, Facile Synthesis of Fluorescent Carbon Dots Using Watermelon Peel as a Carbon Source, *Mater. Lett.*, **66**(1), pp. 222–224.
18. Zhao, S., Lan, M., Zhu, X., Xue, H., Ng, T. W., Meng, X., Lee, C. S., Wang, P., and Zhang, W., 2015, Green Synthesis of Bifunctional Fluorescent Carbon Dots from Garlic for Cellular Imaging and Free Radical Scavenging, *ACS Appl. Mater. Interfaces*, **7**(31), pp. 17054–17060.
19. Mehta, V. N., Jha, S., Basu, H., Singhal, R. K., and Kailasa, S. K., 2015, One-Step Hydrothermal Approach to Fabricate Carbon Dots from Apple Juice for Imaging of Mycobacterium and Fungal Cells, *Sensors Actuators, B Chem.*, **213**, pp. 434–443.
20. Sahu, S., Behera, B., Maiti, T. K., and Mohapatra, S., 2012, Simple One-Step Synthesis of Highly Luminescent Carbon Dots from Orange Juice: Application as Excellent Bio-Imaging Agents, *Chem. Commun.*, **48**(70), pp. 8835–8837.
21. De, B., and Karak, N., 2013, A Green and Facile Approach for the Synthesis of Water Soluble Fluorescent Carbon Dots from Banana Juice, *RSC Adv.*, **3**(22), pp. 8286–8290.
22. Ngara, Z. S., Pasangka, B., Ngana, F. R., and Elin, A., 2021, Synthesis of Carbon Nanodots Material from Soursop Juice with Ferric Metal and the Study of Their Absorption Spectrum, *J. Fis. sains dan Apl.*, **6**(1), pp. 1–7.
23. Baker, S. N., and Baker, G. A., 2010, Luminescent Carbon Nanodots: Emergent Nanolights, *Angew. Chemie - Int. Ed.*, **49**(38), pp. 6726–6744.
24. Serpone, N., Lawless, D., and Khairutdinov, R., 1995, Size Effects on the Photophysical Properties of Colloidal Anatase TiO₂ Particles: Size Quantization or Direct Transitions in This Indirect Semiconductor?, *J. Phys. Chem.*, **99**(45), pp. 16646–16654.
25. Ngara, Z. S., 2013, *Metode Fisika Eksperimen*, Edisi pertama, Penerbit Gita kasih, Kupang

IMPLEMENTASI STRATEGI PEMBELAJARAN: STUDY KASUS DI SMAN 1 SAROLANGUN PADA MATA PELAJARAN FISIKA

Dhenis Anugrah Syaputri, Susianti, M. Hidayat

Pendidikan Fisika, Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jambi, Jambi, Indonesia

E-mail: dhenisas9899@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan agar proses pembelajaran dapat meningkatkan keterampilan hasil dan prestasi yang baik bagi generasi bangsa dan negara. Proses pembelajaran harus disertai dengan strategi pembelajar yang mampu membantu menjelaskan dengan baik. Proses belajar mengajar yang terjadi tentu tidak terlepas dari adanya peran seorang guru, yang mana peran seorang guru tidak dapat digantikan oleh piranti elektronika semodern apapun. Hal ini dikarenakan bahwa dalam proses belajar mengajar, yang diinginkan bukan hanya menyampaikan bahan belajar, namun guru tersebut mempunyai peranan sebagai pembimbing, pendidik, mediator, dan fasilitator. Persoalan pokok dalam proses pembelajaran adalah bagaimana menentukan dan menggunakan strategi pembelajaran. Strategi pembelajaran akan menentukan jenis interaksi pada proses pembelajaran. Strategi pembelajaran yang digunakan harus berimbang pada aktifitas belajar yang baik, sehingga tujuan pembelajaran bisa tercapai secara maksimal. Untuk dapat tercapainya informasi dan tujuan dari Pendidikan tersebut maka seorang guru harus dapat memahami dan mengetahui bagaimana ilmu pengetahuan itu dapat diterima dan dipahami dengan baik oleh peserta didik, Oleh karena itu guru harus menguasai strategi pembelajaran.

Kata Kunci : *Strategi Pembelajaran; Pembelajaran Fisika; Dunia Pembelajaran; Fisika*

Abstrak

This research aims so that the learning process can improve the skills of good results and achievements for the generation of the nation and state. The learning process must be accompanied by learning strategies that are able to help explain well. The teaching and learning process that occurs certainly cannot be separated from the role of a teacher, where the role of a teacher cannot be replaced by any modern electronic device. This is because in the teaching and learning process, what is desired is not only to convey learning material, but the teacher has a role as a mentor, educator, mediator, and facilitator. The main problem in the learning process is how to determine and use learning strategies. The learning strategy will determine the type of interaction in the learning process. The learning strategy used must have an impact on good learning activities, so that learning objectives can be achieved optimally. To be able to achieve information and educational goals, a teacher must be able to understand and know how science can be accepted and understood well by students. Therefore, teachers must master learning strategies.

Keywords: *Learning Strategy; Physics Learning; Learning World; Physics*

PENDAHULUAN

Dalam Pendidikan terjadi proses kegiatan belajar mengajar antara seorang Pendidikan dan peserta didik, pendidik dan materi pembelajaran agar bisa terlaksana dan berjalan dengan baik. Tujuan dalam proses belajar mengajar di kelas bukan hanya sekedar menyampaikan bahan belajar, namun seorang pendidik tersebut harus mempunyai peranan penting sebagai pembimbing, pendidik, mediator, dan fasilitator. Selait itu karena urgennya system pembelajaran dalam meningkatkan kemajuan siswa di dalam suatu Lembaga Pendidikan maka dalam keseluruhan proses Pendidikan di sekolah, pembelajaran merupakan aktivitas yang paling utama dalam Pendidikan. Strategi pembelajaran merupakan rencana kegiatan dimana didalamnya terdapat metode yang dapat digunakan dan dilakukan sesuai dengan situasi dan kondisi yang ada di sekolah dan peserta didik itu sendiri. Strategi pembelajaran merupakan cara-cara yang akan di gunakan oleh pengajar untuk memilih strategi kegiatan belajar yang akan dimanfaatkan selama proses pembelajaran. Pemilihan tersebut dilaksanakan dengan

mempertimbangkan situasi dan kondisi, sumber belajar, kebutuhan dan karakteristik peserta didik yang dihadapi dalam rangka mencapai tujuan pembelajaran tertentu.

Seorang pendidik merupakan orang yang menyampaikan informasi kepada anak didik dengan cara mentransfer ilmu kepada peserta didik. Tugas utama seorang pendidik adalah mengajar artinya seorang pendidik harus mampu dalam membelajarkan siswanya agar dapat mencapai tujuan tertentu dalam kompetensi. Tujuan dari kompetensi tersebut haruslah sudah dirumuskan didalam kurikulum yang akan digunakan sebagai pedoman dalam pelaksanaan proses pembelajaran. Persoalan pokok dalam proses pembelajaran adalah bagaimana menentukan dan menggunakan strategi pembelajaran. Strategi pembelajaran akan menentukan jenis interaksi pada proses pembelajaran. Strategi pembelajaran yang di gunakan harus berimbang pada aktifitas belajar yang baik, sehingga tujuan pembelajaran bisa tercapai secara maksimal. Untuk dapat tercapainya informasi dan tujuan dari Pendidikan tersebut maka seorang guru harus dapat memahami dan mengetahui bagaimana ilmu pengetahuan itu dapat diterima dan dipahami oleh peserta didik, oleh karena itu seorang pendidik harus dapat menguasai strategi pembelajaran, dengan penguasaan yang dapat di sampaikan sesuai dengan yang diharapkan dalam Pendidikan tersebut .

Proses pembelajaran penting bagi seorang pendidik untuk menggunakan berbagai model pembelajaran yang dapat membantu siswa untuk mengembangkan *belief* siswa tentang fisika dan pembelajaran fisika, karena *belief* ini berkaitan dengan berbagai aspek pembelajaran siswa termasuk pemahaman siswa terhadap konsep-konsep fisika [1]. Dalam penelitian yang dilakukan ini menghasilkan temuan penelitian yang menunjukkan bahwa *belief* siswa tentang fisika dan pembelajaran fisika merupakan aspek intrinsik siswa yang sulit untuk diubah. Meskipun demikian, jika dilihat dari setiap aspek *belief* para siswa yang diteliti ini, maka penggunaan model atau metode pembelajaran yang cocok dalam proses pembelajaran fisika ini adalah berbasis masalah sehingga diharapkan dapat membantu siswa meningkatkan *belief* mereka menjadi *beliefs* sebagai seorang ahli fisika (*expert-like belief*).

Dari beberapa pendapat ahli diatas, maka dapat disimpulkan pengertian fisika adalah salah satu ilmu pengetahuan alam dasar yang banyak digunakan sebagai dasar bagi ilmu-ilmu yang lain. Pembelajaran fisika ini merupakan salah satu aspek pendidikan dengan menggunakan fisika sebagai alatnya. Pembelajaran fisika diarahkan untuk mencari tahu dan berbuat sehingga siswa dapat memperoleh pemahaman yang lebih mendalam dan bermakna. Diberikannya pembelajaran fisika ini juga dapat membentuk karakteristik para siswa, tidak hanya itu para siswa menjadi lebih *high order thinking skills*.

Adapun tujuan dari penelitian ini yang pertama, agar dapat membantu kita dalam mengetahui dan menambah wawasan kita dalam strategi pembelajaran. Kedua penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan untuk melatih profesionalitas sebagai seorang calon pendidik. Yang ketiga penelitian ini dapat dijadikan sebagai motivasi agar lebih mengetahui dan mengenal tentang strategi pembelajaran yang baik di gunakan dalam proses mengajar sebagai seorang pendidik. Keempat dari penelitian ini kita dapat mengetahui kelebihan dan kekurangan dari strategi pembelajaran yang di gunakan.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan di SMAN 1 Sarolangun pada – September 2021.

Prosedur penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif yang bertujuan menghasilkan data analisis deskriptif. Dimana data hasil analisis deskriptif ini berupa kata atau kalimat tertulis atau lisan dari subjek dan objek yang telah diteliti atau diamati. Metode penelitian kualitatif analisis deskriptif ini dipilih karena dapat menjelaskan masalah pada penelitian yang sedang dilakukan

oleh para peneliti. Sehingga peneliti dapat menggambarkan sebuah kejadian atau peristiwa secara sistematis, faktual yang akurat terkait objek dan subjek yang sedang diteliti.

Dimana Penelitian analisis deskriptif merupakan bentuk penelitian yang bertujuan untuk mendeskripsikan suatu fenomena yang terjadi, baik itu alamiah maupun hasil manusia. Menurut Sukma dinata dalam bukunya, fenomena itu bisa berupa bentuk, aktivitas, karakteristik, perubahan, hubungan, kesamaan dan perbedaan antara fenomena yang satu dengan fenomena lainnya. Penelitian kualitatif analisis deskriptif ini merupakan penelitian untuk memecahkan suatu problem yang akan diteliti dengan melakukan observasi atau pengamatan pada subjek dan objek yang akan diteliti. Subjek atau objek tersebut dapat berbentuk lembaga, komunitas, individu dan sebagainya. Analisis yang dilakukan harus sesuai dengan kenyataan di lapangan, dalam arti faktual dan sesuai realita.

Dari hasil Penelitian kualitatif analisis deskriptif ini dengan menggunakan metode pengumpulan data observasi, wawancara dan studi Pustaka. Metode pengumpulan data observasi ini dilakukan dengan melakukan pengamatan secara langsung terhadap aktivitas masyarakat sekitar. Metode pengumpulan data wawancara dilakukan dengan cara memberikan pertanyaan secara langsung kepada responden atau informan yang mengalaminya. Metode studi Pustaka ini berisikan tentang kajian terhadap literatur yang sesuai dengan penelitian, baik berupa buku, jural dan berbagai sumber dari internet lainnya. Metode yang digunakan yaitu dengan wawancara dan observasi pada guru di SMAN 1 Sarolangun. Selain itu melakukan observasi terhadap setiap pembelajaran yang ada di SMAN 1 Sarolangun. Sekaligus menganalisis kemampuan awal peserta didik dan melakukan pengambilan sampel kepada guru fisika di SMAN 1 Sarolangun.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada hasil wawancara yang dilakukan bersama narasumber Sa, yang merupakan salah satu guru mata pelajaran fisika di SMAN 1 Sarolangun. Adapun hasil yang didapatkan ialah :

Tabel 1. Hasil wawancara

No	Pertanyaan	Jawaban
1	Sebelumnya, apakah Ibu mempunyai cara tersendiri agar siswa dapat belajar dengan efektif jika sistem pembelajarannya secara online atau daring?	<i>Tentu saja, karena setiap guru yang mengajar pasti mempunyai cara tersendiri agar siswa dapat belajar dengan efektif. Apalagi sekarang keadaannya sedang pandemi atau tidak memungkinkan untuk tatap muka sehingga kita sebagai guru harus menyiapkan cara agar siswa dapat memahami materi meskipun pembelajarannya dilakukan secara online atau daring.</i>
2	Selama pandemi, media apa yang Ibu gunakan untuk belajar?	<i>Selama pandemi ini saya menggunakan zoom meeting untuk melaksanakan pembelajaran. Lalu, jika ada siswa yang tidak mengerti saya akan memberikan kesempatan mereka untuk bertanya melalui zoom meeting atau japri melalui wa.</i>
3.	Bagaimana tanggapan Ibu mengenai perkembangan siswa/i selama pandemi ini?	<i>Ketika saya melihat perkembangan siswa/i, selama pandemi ini pemahaman siswa tersebut sangat lambat berbeda ketika pembelajaran dilakukan secara tatap muka.</i>
4	Strategi apa yang sering Ibu gunakan dalam belajar?	<i>Dalam mengajar saya menggunakan strategi deduktif, di mana saya menjelaskan terlebih dahulu kepada siswa/i kemudian saya memberikan kesempatan kepada mereka untuk berpikir kritis, atau memahami</i>

		<i>materi yang telah saya berikan dan jelaskan sebelumnya.</i>
5	Mengapa Ibu memilih menggunakan strategi pembelajaran deduktif dalam mengajar siswa/i di sekolah?	<i>Saya memilih menggunakan strategi pembelajaran deduktif karena saya ingin konsentrasi siswa/i tersebut tetap terjaga, dengan memberikan mereka waktu untuk berpikir melalui soal-soal yang saya berikan.</i>
6	Seberapa penting kah seorang guru memahami prinsip-prinsip dan prosedur penggunaan strategi pembelajaran?	<i>Membangkitkan kesiapan siswa dalam belajar ya, agar dapat membangkitkan kesiapan siswa dalam belajar saya menggunakan cara, pertama, saya akan menanyakan terlebih dahulu sampai mana materi yang telah diberikan sebelumnya. Lalu saya ajak mereka untuk bermain game sebelum belajar agar mereka menjadi semangat dan siap untuk belajar.</i>
7	Jika ibu mempunyai siswa/i yang tidak memiliki motivasi belajar, apa yang ibu lakukan agar membangkitkan motivasi belajar siswa/i itu sendiri?	<i>Memberi kan edukasi pembelajaran yang menarik agar siswa/i dapat memotivasi agar siswa/i tersebut dapat mudah menangkap pelajaran</i>
8	Kenapa ibu memilih cara tersebut untuk membangkitkan motivasi belajar seorang siswa/i di sekolah?	<i>Agar siswa/i cepat dan mudah dalam memahami pelajaran tersebut sehingga siswa/i menjadi bersemangat dalam belajar</i>
9	Lalu bagaimana cara ibu agar dapat membangkitkan kognitif siswa dalam belajar?	<i>Dengan cara luangkan sedikit waktu saya akan ajak mereka bercanda agar jangan telalu tegang, supaya siswa/i dapat mudah berkonsentrasi ketika belajar.</i>
10	Seberapa penting kah seorang guru memahami prinsip-prinsip dan prosedur penggunaan strategi pembelajaran?	<i>Penting sekali karena strategi pembelajaran itu bagaimana cara kita menyampaikan agar siswa/i dapat mudah menangkap dan memahami apa yang kita berikan kepada mereka. Karena jika seorang guru tidak memahami prinsip-prinsip dan prosedur dalam menggunakan strategi pembelajaran bagaimana materi yang telah diberikan bisa sampai atau bisa dipahami oleh siswa/i tersebut.</i>

Berdasarkan hasil observasi dan wawancara peneliti di SMAN 1 Sarolangun bersama dengan ibu Sa, didapatkan hasil bahwa dalam menyampaikan materi gelombang dalam pembelajaran fisika maka, strategi yang digunakan adalah strategi Heuristik dan Deduktif. Beliau menggunakan strategi deduktif untuk kelas 1 dan 2, sedangkan untuk kelas 3 beliau menggunakan strategi heuristik. Menurut beliau kenapa menggunakan strategi yang berbeda untuk setiap tingkatan kelas dikarenakan siswa/i kelas 1 dan 2 tidak bisa langsung menggunakan strategi heuristik, mereka perlu memahami materi dengan diberikannya penjelasan terlebih dahulu seorang guru, dan ketika mereka sudah menginjak kelas 3 barulah beliau menggunakan strategi heuristik untuk melatih berpikir kritis siswa/i tersebut.

Beliau juga menggunakan beberapa media pembelajaran berupa Classroom dan Kahoot. Dalam skenario pembelajaran beliau telah baik dalam menjalankannya dan telah mencerminkan komunikasi Guru-Siswa yang berpusat pada siswa, dan dalam menutup pembelajaran Ibu Sa memberikan kesempatan kepada siswa untuk bertanya atau untuk menyimpulkan materi pembelajaran hari ini dan memberi tahu materi apa yang akan dibahas dipertemuan berikutnya supaya siswa mempersiapkan dirinya dan beliau juga memberi motivasi kepada siswa supaya siswa tetap semangat dalam belajar.

Didalam perencanaan pembelajaran sangat penting untuk memilih dan menentukan strategi belajar mengajar atau pembelajaran yang tepat. Penentuan strategi pembelajaran ini sangat menentukan bagaimana nantinya kegiatan pembelajaran dilakukan. Strategi belajar

mengajar yang dipilih juga akan menentukan kearah mana proses pembelajaran akan bermuara. Di dalam strategi belajar mengajar memuat beberapa komponen vital yang perlu ada dan diperhatikan mulai dari perencanaan, pemilihan, penentuan hingga pelaksanaan strategi belajar mengajar. Komponen-komponen dalam strategi pembelajaran inilah yang menyusun utuh bentuk dari strategi belajar mengajar tersebut. Dari hasil observasi yang dilakukan peneliti dalam mencapai tujuan strategi pembelajaran yang dapat tercapai dengan baik adalah dengan menggunakan strategi pembelajaran Heuristik dan Deduktif.

Pembelajaran heuristik adalah “bahan atau materi pelajaran diolah oleh siswa. Siswa yang aktif mencari dan mengolah bahan atau materi pelajaran. Guru sebagai fasilitator untuk memberikan dorongan, arahan, dan bimbingan”. Pada proses pembelajaran heuristik ada beberapa kegiatan yang dapat mendorong terjadinya proses belajar pada diri siswa seperti memilih, menetapkan serta mengembangkan metode untuk mencapai hasil atau tujuan pembelajaran yang diinginkan.

Manfaat dari pembelajaran heuristik adalah ”secara berangsur-angsur akan terbentuk sikap positif pada diri siswa, antara lain kreatif, inovatif, percaya diri, terbuka, dan mandiri”. Siswa harus membangun pengetahuan itu dan memberi makna melalui pengalaman nyata. ”pengetahuan bukanlah seperangkat fakta, konsep atau kaidah yang diingat siswa, tetapi siswa harus merekonstruksi pengetahuan itu dan kemudian memberi makna melalui pengalaman nyata”.

Strategi pembelajaran Deduktif merupakan pemberian tentang prinsip-prinsip isi pelajaran, kemudian dijelaskan dalam bentuk penerapan atau contoh-contohnya dalam situasi tertentu[2]. Pendekatan deduktif hampir sama dengan expository approach. Tenaga pendidik yang menggunakan pendekatan ini mulai dengan menyebutkan hukum, prinsip, atau generalisasi. Ia mulai dengan membuat pernyataan yang berhubungan dengan penemuan yang telah ia lakukan atau tentang informasi yang diperoleh sebelumnya. Kemudian peserta didik diminta menggunakan pernyataan tersebut pada masalah yang dimilikinya [3]

Pada pembelajaran deduktif terdapat beberapa kelemahan ialah, 1. Biasanya akan dirasakan sangat sulit bagi peserta didik untuk memahami suatu konsep yang abstrak, bila tidak didahului dengan contoh – contoh yang kongkrit. Bahkan bila anak masih di dalam tahap operasi kongkrit tentang konsep konsep yang abstrak tidak bermakna bagi peserta didik. 2. Pendekatan deduktif di khawatirkan menyebabkan ingatan lebih penting daripada pengertian. 3. Peserta didik menjadi pasif hanya menurut pola pengerjaan yang disajikan oleh pendidiknya. 4. Kurang bermanfaat untuk peserta didik yang lemah, strategi ini lebih berpusatkan pendidik dan kurang meningkatkan kemahiran berfikir. Maka dalam upaya meningkatkan efektivitas proses pembelajaran agar tercapainya hasil belajar yang baik dan sesuai dengan harapan, “perencanaan pembelajaran harus menjadi sesuatu yang mutlak dan harus dipersiapkan oleh setiap guru, dalam melaksanakan proses pembelajaran”.

Oleh karena itu, salah satu wawasan yang perlu dimiliki oleh guru adalah tentang “Strategi Belajar Mengajar” yang merupakan garis-garis besar haluan bertindak dalam rangka mencapai sasaran yang digariskan. Dengan memiliki strategi seorang guru akan mempunyai pedoman dalam bertindak yang berkenaan dengan berbagai alternatif pilihan yang mungkin dapat dan harus ditempuh. Sehingga kegiatan belajar mengajar dapat berlangsung secara sistematis, terarah, lancar dan efektif. Dengan demikian strategi diharapkan sedikit banyak akan membantu memudahkan para guru dalam melaksanakan tugas.. Dalam perencanaan pembelajaran sangat penting untuk memilih dan menentukan strategi belajar mengajar atau pembelajaran yang tepat. Penentuan strategi pembelajaran ini sangat menentukan bagaimana nantinya kegiatan pembelajaran dilakukan. Strategi belajar mengajar yang dipilih juga akan menentukan kearah mana proses pembelajaran akan bermuara.

SIMPULAN DAN SARAN

Strategi Belajar-Mengajar atau disebut dengan istilah strategi pembelajaran adalah cara-cara yang dipilih untuk menyampaikan materi pelajaran dalam lingkungan pembelajaran tertentu. Di dalam proses belajar mengajar, guru harus memiliki strategi yang efektif dan efisien agar supaya tujuan pembelajaran sesuai yang diharapkan. Pada pelaksanaannya seorang guru tidak hanya menggunakan ceramah saja, demonstrasi saja, eksperimen saja, atau diskusi saja. Akan tetapi kegiatan belajar mengajar akan lebih optimal jika menggunakan berbagai strategi yang ada. Berdasarkan hasil pembahasan diatas maka metode pembelajaran *Heuristik dan Deduktif* sangat cocok jika diterapkan dalam proses pembelajaran sebab dapat meningkatkan prestasi belajar peserta didik. Dengan begitu, strategi pembelajaran ini dapat dijadikan alternative bagi para guru atau tenaga pendidik.

Saran bagi guru atau tenaga pendidik hendaknya dalam melaksanakan kegiatan pembelajaran harus disesuaikan dengan kemampuan pemahaman siswa dan didukung dengan sarana dan prasarana yang mendukung. Sehingga proses pembelajaran dapat terlaksana dengan baik dan lancar, serta prestasi dan hasil belajar siswa meningkat.

Semoga dengan adanya penulisan ini, para pembaca bisa lebih mengetahui tentang strategi dalam pembelajaran fisika dan tujuan pembelajaran fisika. Terlebih khusus lagi kepada mereka calon guru, semoga bisa menjadi bahan pelajaran yang baik, dan semoga bisa diterapkan nanti ketika kita sudah bekerja menjadi seorang guru.

DAFTAR PUSTAKA

1. Tanti, T., Jamaluddin, J., & Syefrinando B. 2017. Pengaruh Pembelajaran Berbasis Masalah terhadap Beliefs Siswa tentang Fisika dan Pembelajaran Fisika. *J. Ilm. Pendidik. Fis. Al-Biruni*. **6**(1): 23.
2. Yamin M. Desain Pembelajaran Tingkat Satuan Pendidikan. Referensi, Ciputat. 2013.
3. Sahabuddin. Mengajar dan Belajar. Universitas Negeri Makassar, Makassar. 2007.

ANALISA MODEL PEMBELAJARAN BEHAVIORAL SYSTEM DI SMA NEGERI 4 KOTA JAMBI

Ertina Novirasari, Yetri Erna, dan M. Hidayat

Pendidikan Fisika, Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jambi, Jambi, Indonesia

E-mail: ertinanovirasarii@gmail.com

Abstrak

Telah dilakukan penelitian di SMAN 4 Kota Jambi pada guru mata pelajaran fisika yang bertujuan untuk mengetahui bagaimana cara melakukan pendekatan model pembelajaran behavioral system. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui perbedaan perilaku disiplin antar anak. Menurut teori, behavioristik adalah perubahan tingkah laku sebagai akibat dari adanya stimulus dan respon. Teori belajar behavioristik menjelaskan belajar itu adalah perubahan perilaku yang dapat diamati, diukur, dan dinilai secara konkret. Perubahan terjadi melalui rangsangan (stimulus) yang menimbulkan hubungan perilaku reaktif (respon) berdasarkan hukum-hukum mekanistik. Stimulus tidak lain adalah lingkungan belajar dari anak, baik secara internal maupun secara eksternal. Sedangkan respon adalah akibat atau dampak yang berupa reaksi fisik terhadap stimulus.

Kata kunci: *Model Pembelajaran; Behavioral; Pembelajaran Fisika*

Abstract

Research has been carried out at SMAN 4 Jambi City on physics subject teachers which aims to find out how to approach the behavioral system learning model. This study also aims to determine differences in disciplinary behavior between children. According to the theory, behaviorism is a change in behavior as a result of a stimulus and response. Behavioristic learning theory explains that learning is a change in behavior that can be observed, measured, and assessed concretely. Change occurs through stimuli (stimulants) that cause a reactive behavior relationship (response) based on mechanistic laws. Stimulants are none other than the learning environment of children, both internally and externally. While the response is the result or impact in the form of a physical reaction to a stimulant.

Keywords: *Learning Methods; Behavioral; Physics Learning*

PENDAHULUAN

Pendidikan dipandang sebagai sarana untuk melahirkan insan-insan yang cerdas, kreatif, terampil, bertanggung jawab, produktif dan berbudi pekerti luhur. Peningkatan kualitas pendidikan dapat dilakukan dengan cara peningkatan sarana dan prasarana, peningkatan mutu para pendidik, peningkatan mutu peserta didik, penyempurnaan sistem penilaian, penataan organisasi dan manajemen pendidikan serta usaha-usaha lain yang berkenaan dengan peningkatan kualitas pendidikan. Kurikulum Berbasis metode pembelajaran yang lebih berpusat pada siswa (student centered)

Menurut Suprijono (2013:46) model pembelajaran mengacu pada pendekatan yang digunakan termasuk di dalamnya tujuan-tujuan pembelajaran, tahap-tahap dalam kegiatan pembelajaran, lingkungan pembelajaran, dan pengelolaan kelas[1].

Menurut Joice & Weil (2003:11) model pembelajaran adalah suatu pola atau rencana yang sudah direncanakan sedemikian rupa dan digunakan untuk menyusun kurikulum, mengatur materi pelajaran dan memberi petunjuk kepada pengajar di kelasnya[2].

Pada hakekatnya kegiatan belajar mengajar adalah suatu proses interaksi atau hubungan timbal balik antara guru dan siswa dalam satuan pembelajaran. Guru sebagai salah satu komponen dalam proses belajar mengajar merupakan pemegang peran yang sangat penting. Guru bukan hanya sekedar penyampai materi saja, tetapi lebih dari itu guru dapat dikatakan sebagai sentral pembelajaran. Banyak metode yang dapat diterapkan guru dalam pembelajaran fisika, agar pembelajaran dapat lebih bermakna dan suasana belajar lebih menyenangkan [3].

Salah satu faktor yang mendasari perlunya perubahan praktek pembelajaran di kelas yang masih

sangat tradisional adalah faktor psikologis yang di tandai dengan munculnya teori belajar yang dikenal dengan behavioristik. Teori belajar behavioristik menjelaskan belajar itu adalah perubahan perilaku yang dapat diamati, diukur dan dinilai secara konkret. Perubahan terjadi melalui rangsangan (stimulus) yang menimbulkan hubungan perilaku reaktif (respon) berdasarkan hukum-hukum mekanistik. Stimulus tidak lain adalah lingkungan belajar anak, baik yang internal maupun eksternal yang menjadi penyebab belajar. Sedangkan respons adalah akibat atau dampak, berupa reaksi fisik terhadap stimulus. Belajar berarti penguatan ikatan, asosiasi, sifat dan kecenderungan perilaku S-R (stimulus-Respon).

Teori Behavioristik mementingkan faktor lingkungan, menekankan pada faktor bagian, menekankan pada tingkah laku yang nampak dengan mempergunakan metode obyektif, sifatnya mekanis dan mementingkan masa lalu. Seorang siswa dianggap telah belajar sesuatu jika siswa yang bersangkutan dapat menunjukkan perubahan pada tingkah lakunya. Menurut teori ini kegiatan belajar yang penting adalah input yang berupa stimulus atau apa saja yang diberikan guru kepada siswa dan output yang berupa respon atau reaksi/tanggapan siswa terhadap stimulus yang diberikan oleh guru tersebut.

Teori behavioristik dalam kegiatan pembelajaran di aplikasikan dari beberapa hal seperti tujuan pembelajaran, materi pembelajaran, karakteristik siswa, media dan fasilitas pembelajaran yang ada di sekolah-sekolah pada umumnya. Pembelajaran yang berpedoman pada teori behavioristik memandang bahwa pengetahuan adalah objektif, pasti, tetap, tidak berubah. Pengetahuan telah tersusun dengan rapi, sehingga belajar adalah perolehan pengetahuan, sedangkan mengajar adalah memindahkan pengetahuan ke orang yang belajar atau siswa. "Siswa di harapkan akan memiliki pemahaman yang sama terhadap pengetahuan yang diajarkan. Artinya, apa yang di pahami oleh pengajar atau guru itulah yang harus di pahami oleh murid"[4].

"Gage dan Berliner menyatakan bahwa menurut teori behavioristik belajar adalah perubahan tingkah laku sebagai hasil dari pengalaman". Pada intinya, teori behavioristik menekankan pada pengukuran, sebab pengukuran merupakan suatu hal penting untuk melihat terjadi atau tidaknya perubahan perilaku yang tampak sebagai hasil belajar. Seorang siswa dianggap telah belajar sesuatu jika siswa yang bersangkutan dapat menunjukkan perubahan pada tingkah lakunya. Menurut teori ini kegiatan belajar yang penting adalah input yang berupa stimulus atau apa saja yang diberikan guru kepada siswa dan output yang berupa respon atau reaksi/tanggapan siswa terhadap stimulus yang diberikan oleh guru tersebut.

Rumusan masalah

Rumusan Masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Penerapan pendekatan model pembelajaran behavioral
2. Konsep yang terdapat dalam model pembelajaran behavioral
3. Pengaruh pendekatan model pembelajaran behavioral

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan ini adalah :

1. Untuk mengetahui bagaimana penerapan model pembelajaran behavioral
2. Untuk menganalisa konsep seperti apa yang dapat digunakan dalam model pembelajaran behavioral
3. Untuk mengetahui pengaruh terhadap model pembelajaran behavioral

METODE

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kualitatif yang menghasilkan data analisis deskriptif. Dimana data hasil analisis deskriptif ini berupa kata atau kalimat tertulis atau lisan dari subjek dan objek yang telah diteliti atau diamati. Metode penelitian kualitatif analisis deskriptif ini dipilih karena dapat menjelaskan masalah pada penelitian yang sedang dilakukan oleh para peneliti. Sehingga peneliti dapat menggambarkan sebuah kejadian atau peristiwa secara sistematis, faktual dan akurat terkait objek dan subjek yang sedang diteliti.

Subyek penelitian kali ini adalah guru fisika kelas XII di SMA Negeri 4 Kota Jambi yaitu Ibu Yetri Erna S.Pd. Beliau yang menjadi subyek penelitian karena ruang lingkup penelitian ini adalah

penjurusan. Untuk mengetahui kualitas proses kegiatan pembelajaran maka dilakukan observasi untuk mengetahui tingkat peran aktif guru selama proses kegiatan pembelajaran berlangsung. Peneliti melakukan observasi di salah satu sekolah dengan langkah-langkah yang ditempuh untuk mengumpulkan data dan informasi yang diperlukan dalam bentuk wawancara yang ditujukan pada sebagian guru.

Instrumentasi adalah seluruh proses untuk mengumpulkan data. Instrumen berfungsi mengungkapkan suatu fakta menjadi suatu data, sehingga jika instrumen yang digunakan dalam penelitian mempunyai kualitas yang baik, dalam arti valid dan reliabel serta memiliki tingkat kesukaran, daya pembeda dan distraktor/pengecoh yang baik, maka data yang diperoleh akan sesuai dengan fakta atau keadaan sesungguhnya di lapangan. Sedangkan jika kualitas instrumen yang digunakan tidak baik dalam arti mempunyai validitas dan reliabilitas yang rendah, serta memiliki tingkat kesukaran, daya pembeda dan distraktor/pengecoh yang tidak baik, maka data yang diperoleh juga tidak valid atau tidak sesuai dengan fakta di lapangan, sehingga dapat menghasilkan kesimpulan yang keliru [5].

Penelitian kualitatif sifatnya deskriptif analitik. Data yang diperoleh seperti hasil pengamatan, hasil wawancara, hasil pemotretan, analisis dokumen catatan lapangan, disusun penelitian, tidak dituangkan dalam bentuk dan angka-angka. Penelitian segera melakukan analisis data dengan memperkaya informasi, mencari hubungan, membandingkan menentukan pola atas dasar data aslinya (tidak ditransformasi dalam bentuk angka). Hasil analisis data berupa pemaparan mengenai situasi yang diteliti yang disajikan dalam bentuk uraian naratif. Hakikat pemaparan data pada umumnya menjawab pertanyaan-pertanyaan mengapa dan bagaimana suatu fenomena terjadi. Untuk itu peneliti dituntut memahami dan menguasai bidang ilmu yang ditelitinya sehingga dapat memberikan justifikasi mengenai konsep dan makna yang terkandung dalam data[6].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini adalah mendeskripsikan bagaimana cara pendekatan model pembelajaran behavioral pada siswa. Berdasarkan dengan hasil wawancara di SMA N 4 kota Jambi sebagai berikut :

Tabell. hasil wawancara di SMA N 4 kota Jambi

No	Pertanyaan	Jawaban
1.	Bagaimana cara Ibu menerapkan teori pembelajaran behavioristik pada era yang berbasis online seperti sekarang ini ?	Untuk penerapan model pembelajaran behavioristik ini saat keadaan online yaitu dengan menggunakan aplikasi berupa google classroom, zoom, dan whats app grup untuk penyampaian materi pelajaran serta memberikan video-video pembelajaran.
2.	Langkah-langkah apa saja yang dibutuhkan agar model pembelajaran seperti ini bisa sesuai dengan kurikulum yang ada ?	Langkah-langkah yang dibutuhkan yaitu pertama dengan menggunakan persepsi kemudian memberikan motivasi kepada siswa sebelum pembelajaran dimulai serta menjelaskan materi dan melakukan diskusi.
3.	Bagaimana cara Ibu untuk memotivasi atau mendorong siswa nya agar semangat dalam kegiatan pembelajaran dengan konsep model pembelajaran seperti ini ?	Agar siswa termotivasi dalam belajar, dengan model pembelajaran seperti ini salah satunya yaitu dengan memberikan nilai kepada siswa dengan mengumumkan nilainya secara terbuka. Dengan demikian, bagi siswa yang nilai nya rendah akan merasa malu dan termotivasi untuk bisa mengikuti pelajaran dengan maksimal dan mengejar ketertinggalan nilainya.

4. Bagaimana cara ibu untuk memonitoring dan melakukan bimbingan pada masing-masing siswanya dengan model pembelajaran seperti ini ?	Apabila diterapkannya model pembelajaran behavioristik ini diterapkan pada sistem berbasis online maka akan sangat banyak mengalami kesulitan baik dalam hal memantau siswa ataupun dari siswa itu sendiri karena terkkendala jarak yang menyulitkan mereka untuk berkomunikasi satu sama lain. Lain halnya ketika model pembelajaran ini diterapkan saat tatap muka, beliau bisa memantau secara langsung serta dapat membimbing saat proses pembelajaran berlangsung.
--	---

Pengaruh bagi guru adalah bahwa mengajar merupakan kegiatan pemindahan pengetahuan dari benak guru ke otak siswa. Oleh karena itu peran guru sebagai pendidik harus mengembangkan kurikulum yang terancang dengan menggunakan standart-standart tertentu dalam proses pembelajaran yang harus dicapai oleh para siswa. Karena teori behavioristik memandang bahwa sebagai pengetahuan telah terstruktur rapi dan teratur, maka siswa harus di hadapkan pada aturan-aturan yang jelas dan ditetapkan terlebih dulu secara ketat.

Pembiasaan dan disiplin menjadi pegangan dalam belajar, sehingga pembelajaran lebih banyak dikaitkan dengan penegakan disiplin. Kegagalan dalam penambahan pengetahuan di kategorikan sebagai kesalahan yang perlu di hukum dan keberhasilan belajar di kategorikan sebagai bentuk perilaku yang pantas diberi hadiah. "Siswa adalah obyek yang berperilaku sesuai dengan aturan, sehingga kontrol belajar harus di pegang oleh sistem yang berada diluar diri siswa. Demikian juga, ketaatan pada aturan juga di pandang sebagai penentu keberhasilan belajar" (Degeng, 2006)[5]. Maka dari itu perlu kita ketahui mengenai apa yang dimaksud teori belajar behavioristik dan bagai mana implikasi teori behavioristik dalam pembelajaran.

Teori behaviorisme yang menekankan adanya hubungan antara stimulus (S) dengan respons (R) secara umum dapat dikatakan memiliki arti yang penting bagi siswa untuk meraih keberhasilan belajar. Caranya, guru banyak memberikan stimulus dalam proses pembelajaran, dan dengan cara ini siswa akan merespons secara positif apa lagi jika diikuti dengan adanya reward yang berfungsi sebagai reinforcement (penguatan terhadap respons yang telah ditunjukkan). Oleh karena teori ini berawal dari adanya percobaan sang tokoh behavioristik terhadap binatang, maka dalam konteks pembelajaran ada beberapa prinsip umum yang harus diperhatikan.

Menurut Mukminan (1997: 23)[7], beberapa prinsip tersebut adalah: (1) Teori ini beranggapan bahwa yang dinamakan belajar adalah perubahan tingkah laku. Seseorang dikatakan telah belajar sesuatu jika yang bersangkutan dapat menunjukkan perubahan tingkah laku tertentu. (2) Teori ini beranggapan bahwa yang terpenting dalam belajar adalah adanya stimulus dan respons, sebab inilah yang dapat diamati. Sedangkan apa yang terjadi di antaranya dianggap tidak penting karena tidak dapat diamati. (3). Reinforcement, yakni apa saja yang dapat menguatkan timbulnya respons, merupakan faktor penting dalam belajar. Respons akan semakin kuat apabila reinforcement (baik positif maupun negatif) ditambah. Jika yang menjadi titik tekan dalam proses terjadinya belajar pada diri siswa adalah timbulnya hubungan antara stimulus dengan respons, di mana hal ini berkaitan dengan tingkah laku apa yang ditunjukkan oleh siswa, maka penting kiranya untuk memperhatikan hal-hal lainnya di bawah ini, agar guru dapat mendeteksi atau menyimpulkan bahwa proses pembelajaran itu telah berhasil. Hal yang dimaksud adalah sebagai berikut: (1) Guru hendaknya paham tentang jenis stimulus apa yang tepat untuk diberikan kepada siswa. (2) Guru juga mengerti tentang jenis respons apa yang akan muncul pada diri siswa. (3) Untuk mengetahui apakah respons yang ditunjukkan siswa ini benar-benar sesuai dengan apa yang diharapkan, maka guru harus mampu : (a) Menetapkan bahwa respons itu dapat diamati (observable). (b) Respons yang ditunjukkan oleh siswa dapat pula diukur (measurable) (c) Respons yang diperlihatkan siswa hendaknya dapat dinyatakan secara eksplisit atau jelas kebermaknaannya (eksplisit). (d) Agar respons itu dapat senantiasa terus terjadi atau setia dalam ingatan/tingkah laku siswa, maka diperlukan sekali adanya semacam hadiah (reward).

Untuk dapat memberi layanan pembelajaran kepada semua kelompok siswa yang mendekati idealnya (sesuai dengan kemampuan awal dan karakteristik masing-masing kelompok) kita dapat menggunakan dua pendekatan yaitu siswa, (a) menyesuaikan diri dengan materi yang akan dibelajarkan, yaitu dengan cara guru melakukan tes dan pengelompokan (dalam hal ini tes dilakukan sebelum siswa mengikuti pelajaran), atau (b) materi pembelajaran disesuaikan dengan keadaan siswa [8].

Karena teori behavioristik memandang bahwa sebagai pengetahuan telah terstruktur rapi dan teratur, maka siswa atau orang yang belajar harus dihadapkan pada aturan-aturan yang jelas dan ditetapkan terlebih dulu secara ketat. Pembiasaan dan disiplin menjadi sangat esensial dalam belajar, sehingga pembelajaran lebih banyak dikaitkan dengan penegakan disiplin. Kegagalan atau ketidakmampuan dalam penambahan pengetahuan dikategorikan sebagai kesalahan yang perlu dihukum dan keberhasilan belajar atau kemampuan dikategorikan sebagai bentuk perilaku yang pantas diberi hadiah. Demikian juga, ketaatan pada aturan dipandang sebagai penentu keberhasilan belajar. Siswa atau peserta didik adalah objek yang berperilaku sesuai dengan aturan, sehingga kontrol belajar harus dipegang oleh sistem yang berada di luar diri siswa [4].

Tujuan pembelajaran menurut teori behavioristik ditekankan pada penambahan pengetahuan, sedangkan belajar sebagai aktivitas "mimetic", yang menuntut siswa untuk mengungkapkan kembali pengetahuan yang sudah dipelajari dalam bentuk laporan, kuis, atau tes. Penyajian isi atau materi pelajaran menekankan pada ketrampilan yang terisolasi atau akumulasi fakta mengikuti urutan dari bagian ke keseluruhan. Pembelajaran mengikuti urutan kurikulum secara ketat, sehingga aktivitas belajar lebih banyak didasarkan pada buku teks/buku wajib dengan penekanan pada ketrampilan mengungkapkan kembali isi buku teks/buku wajib tersebut. Pembelajaran dan evaluasi menekankan pada hasil belajar. Evaluasi menekankan pada respon pasif, ketrampilan secara terpisah, dan biasanya menggunakan paper and pencil test. Evaluasi hasil belajar menuntut jawaban yang benar. Maksudnya bila siswa menjawab secara "benar" sesuai dengan keinginan guru, hal ini menunjukkan bahwa siswa telah menyelesaikan tugas belajarnya. Evaluasi belajar dipandang sebagai bagian yang terpisah dari kegiatan pembelajaran, dan biasanya dilakukan setelah selesai kegiatan pembelajaran. Teori ini menekankan evaluasi pada kemampuan siswa secara individual [4].

Materi pembelajaran yang akan dibelajarkan, apakah disesuaikan dengan keadaan siswa atau siswa menyesuaikan materi, keduanya dapat didahului dengan mengadakan tes awal atau tes prasyarat (prerequisite test). Hasil dari prerequisite test ini dapat menghasilkan dua keputusan, yaitu: siswa dapat dikelompokkan dalam dua kategori, yakni: a) sudah cukup paham dan mengerti, serta b) belum paham dan mengerti. Jika keputusan yang diambil siswa dikelompokkan menjadi dua di atas, maka konsekuensinya: materi, guru dan ruang belajar harus dipisah. Hal seperti ini tampaknya sangat susah untuk diterapkan, karena berimplikasi pada penyediaan perangkat pembelajaran yang lebih memadai, di samping memerlukan dana (budget) yang lebih besar. Cara lain yang dapat dilakukan adalah, atas dasar hasil analisis kemampuan awal siswa dimaksud, guru dapat menganalisis tingkat persentase penguasaan materi pembelajaran. Hasil yang mungkin diketahui adalah bahwa pada pokok materi pembelajaran tertentu sebagian besar siswa sudah banyak yang paham dan mengerti, dan pada sebagian pokok materi pembelajaran yang lain sebagian besar siswa belum atau tidak mengerti dan paham.

Rencana strategi pembelajaran yang dapat dilakukan oleh guru terhadap kondisi materi pembelajaran yang sebagian besar siswa sudah mengetahuinya, materi ini bisa dilakukan pembelajaran dalam bentuk ko-kurikuler (siswa diminta untuk menelaah dan membahas di rumah atau dalam kelompok belajar, lalu diminta melaporkan hasil diskusi kelompok dimaksud). Sedangkan terhadap sebagian besar pokok materi pembelajaran yang tidak dan belum diketahui oleh siswa, pada pokok materi inilah yang akan dibelajarkan secara penuh di dalam kelas. Sedangkan langkah umum yang dapat dilakukan guru dalam menerapkan teori behaviorisme dalam proses pembelajaran adalah: (1) Mengidentifikasi tujuan pembelajaran. (2) Melakukan analisis pembelajaran. (3) Mengidentifikasi karakteristik dan kemampuan awal pembelajar. (4) Menentukan indikator-indikator keberhasilan belajar. (5) Mengembangkan bahan ajar (pokok bahasan, topik, dll). (6) Mengembangkan strategi pembelajaran (kegiatan, metode, media dan waktu). (7) Mengamati stimulus yang mungkin dapat diberikan (latihan, tugas, tes dan sejenisnya). (8) Mengamati dan menganalisis respons pembelajar. (9) Memberikan penguatan (reinforcement) baik positif maupun negatif, serta (10) Merevisi kegiatan pembelajaran (Mukminan, 1997: 27)[9].

KESIMPULAN DAN SARAN

KESIMPULAN

Metode mengajar merupakan salah satu dari seperangkat strategi belajar mengajar yang dapat digunakan untuk mencapai tujuan belajar mengajar. Teori belajar memiliki beberapa fungsi dalam proses pembelajaran, antara lain fungsi pemahaman, fungsi prediktif, fungsi kontrol, dan fungsi rekomendatif. Melalui fungsi rekomendatif, teori behavioristik dapat merekomendasikan pedoman instruksional kepada pendidik, yang berupa stimulus-stimulus yang tepat dalam proses pembelajaran sehingga memunculkan respon peserta didik yang merupakan hasil belajar yang diinginkan.

Teori belajar behavioristik menjelaskan bahwa belajar adalah perubahan tingkah laku sebagai akibat dari adanya interaksi antara stimulus dan respon. Dari beberapa teori belajar behavioristik yang dikembangkan dapat disimpulkan bahwa untuk memunculkan respon yang diharapkan dibutuhkan penguatan (reinforcement).

SARAN

Idealnya proses pembelajaran yang dilaksanakan oleh guru benar-benar sesuai dengan apa yang di harapkan oleh siswa dan juga sesuai dengan kondisi siswa.

DAFTAR PUSTAKA

1. A. Suprijono, *Cooperative Learning : Teori dan Aplikasi PAIKEM*. Yogya: Pustaka Pelajar, 2013.
2. Bruce Joyce & Marsha Weil., *Models of Teaching Fifth Edition*. New Delhi: Prentice Hall, Inc.
3. Sudarmi, *Cara Mudah Belajar Fisika Materi Suhu dan Kalor Melalui Metode Demonstrasi*. Jakarta Selatan: PT Cipta Gadhing Artha., 2019.
4. I. N. S. Degeng, *Ilmu Pengajaran Taksonomi Variable*. Jakarta: Depdikbud, 2006.
5. Z. Arifin, "Kriteria instrumen dalam suatu penelitian," *J. Theorems (the Orig. Res. Math.*, vol. 2, no. 1, pp. 28–36, 2017.
6. H. Salim, *Penelitian Pendidikan: Metode, Pendekatan, dan Jenis*. Kencana, 2019.
7. Mukminan, *Teori Belajar dan Pembelajaran*. Yogyakarta: P3G IKIP, 1997.
8. A. Suparman, *Desain Instruksional*. Jakarta: Pusat Antar Universitas, 1997.

INVESTIGASI REMEDIAL DAN PENGAYAAN MATA PELAJARAN FISIKA DI SMA NEGERI 8 KOTA JAMBI

Shinta Indah Prastiwi, Juita Siregar, M Hidayat

Pendidikan Fisika, Fakultas keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jambi

Jl. Jambi – Muara Bulian No.KM. 15, Mendalo Darat, Kec Jambi Luar Kota, Kabupaten Muara Jambi, Jambi

Email: shintaaindah1551@gmail.com

Abstrak

Telah dilakukan penelitian mengenai Invesigasi remedial dan pengayaan mata pelajaran Fisika di SMA Negeri 8 Kota Jambi. Remedial adalah suatu kegiatan yang bertujuan untuk memperbaiki nilai yang dibawah standar ketuntasan minimal atau biasa disebut KKM. Pada pembelajaran remedial pendidik membantu peserta didik untuk memahami kesulitan belajar yang dihadapi secara mandiri. Metode yang digunakan dalam pembelajaran remedial juga dapat bervariasi sesuai dengan sifat, jenis dan latar belakang kesulitan para peserta didik dalam belajar Tujuannya agar dapat mempermudah peserta didik dalam memahami kompetensi dasar. Peserta didik yang sudah mencapai kriteria ketuntasan minimal (KKM) dan dinyatakan tuntas dapat diberikan pengayaan. Pengayaan adalah suatu bentuk pentagram yang diberikan kepada siswa yang sangat cepat memahami materi dalam belajar Adapun tujuan pengayaan tersebut untuk meningkatkan pemahaman dan wawasan siswa terhadap materi yang diberikan atau yang sedang dipelajari agar siswa dapat belajar secara baik. Pelaksanaan program pengayaan dilakukan secara berkelompok ataupun secara perorangan (Individual). Program pengayaan berupaya mengembangkan keterampilan berpikir, kreativitas keterampilan memecahkan masalah dan eksperiman

Kata kunci: Hasil belajar, remedial, pengayaan

Abstract

Research has been carried out on remedial investigations and enrichment of Physics subjects at senior high school 8 Jambi City. Remedial is an activity that aims to improve scores that are below the minimum standard of completeness or commonly called KKM. In remedial learning, educators help students to understand the learning difficulties they face independently. The methods used in remedial learning can also vary according to the nature, type and background of the students' difficulties in learning. The goal is to make it easier for students to understand basic competencies. Students who have reached the minimum completeness criteria (KKM) and are declared complete can be given enrichment. Enrichment is a form of teaching given to students who are very quick to understand the material in learning. The purpose of the enrichment is to increase students' understanding and insight into the material given or being studied so that students can learn well. The implementation of the enrichment program is carried out in groups or individually (Individual). The enrichment program seeks to develop thinking skills, creativity, problem-solving skills and experimentation

Keywords: learning outcomes, remedial, enrichment

PENDAHULUAN

Pendidikan merupakan elemen yang vital dalam menciptakan sumber daya manusia. Tak heran jika saat ini pemerintah memberikan perhatian yang ekstra pada sector Pendidikan ini. Tentunya hal ini ditujukan untuk pengembangan pendidikan agar menjadi lebih baik dan mampu bersaing. Pendidikan yang berkualitas ini bukan hanya kualitas dari segi ranah kognitif saja. Namun afektif dan psikomotorik juga menjadi hal yang sangat penting dalam pembentukan diri peserta didik. Aktivasi belajar setiap individu tidak selamanya dapat berlangsung lancar, kadang-kadang dapat cepat menangkap apa yang dipelajari, kadang-kadang terasa amat sulit. Proses belajar mengajar di suatu institusi pendidikan, masing-masing individu memiliki caranya masing-masing untuk memperoleh hasil yang maksimal dalam belajar. Beberapa keterampilan belajar pun dipakai guna memenuhi tujuan dari pendidikan tersebut. Namun tidak jarang seorang siswa mengalami kesulitan belajar yang dipengaruhi oleh beberapa faktor yang mengganggu dirinya dalam belajar[1].

Kompetensi Dasar (KD) adalah pengetahuan, keterampilan, dan sikap minimal yang harus dicapai atau dimiliki oleh seorang peserta didik untuk menunjukkan bahwa siswa tersebut telah mampu menguasai standar kompetensi yang telah ditetapkan. Tercapainya KD diperlukan sebagai kriteria atau tolak ukur tercapainya Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) oleh guru dan/atau satuan

pendidikan sebagai acuan untuk menentukan tindakan lanjutan, yaitu dilakukan pengayaan bagi peserta didik yang mencapai ketuntasan atau mengulang pembelajaran bagi peserta didik yang belum mencapai ketuntasan dalam hal ini peserta didik mengikuti kegiatan pembelajaran remedial [2].

Banyak peserta didik yang mengalami kesulitan dalam belajar misalnya tidak mampu menyerap bahan pembelajaran dengan baik, tidak dapat konsentrasi dalam belajar, tidak mampu mengerjakan tes dan sebagainya. Maka dari itu diterapkan program remedial dan pengayaan[1].

Konsep penyelenggaraan model pembelajaran remedial, secara tegas dinyatakan dalam kurikulum 2013 yang diberlakukan berdasarkan Permendikbud No 103 tahun 2014 dan Permendikbud No 104 tahun 2014. Permendikbud 103 menegaskan bahwa pada RPP yang dibuat terdapat pembelajaran remedial dan pengayaan pada bagian penilaian. Sedangkan, berdasarkan Permendikbud 104, dinyatakan bahwa peng belum mencapai KKM harus mengikuti pembelajaran remedial. Jika seorang siswa mencapai standar tertentu maka siswa dinyatakan telah mencapai ketuntasan. penguasaan SK dan KD setiap siswa diukur menggunakan sistem penilaian acuan kriteria. Siswa yang belum mencapai KKM harus mengikuti pembelajaran remedial. Jika seorang siswa mencapai standar tertentu maka siswa dinyatakan telah mencapai ketuntasan[3].

Pembelajaran remedial adalah pembelajaran yang bersifat menyembuhkan sehingga menjadi baik dari masalah pembelajaran yang dirasa sulit. Mukhtar dan Rusmini mengemukakan pembelajaran remedial adalah proses pembelajaran yang berupa kegiatan perbaikan yang terprogram dan sistematis, sehingga diharapkan dapat mempercepat ketuntasan belajar siswa. Arifin mengemukakan pembelajaran remedial merupakan kelanjutan dari pembelajaran biasa atau regular di kelas. Hanya saja, siswa yang masuk dalam kelompok ini adalah siswa yang belum tuntas belajar[3].

Pengayaan secara umum dapat diartikan sebagai pengalaman atau kegiatan peserta didik yang melampaui persyaratan minimal yang ditentukan oleh kurikulum dan tidak semua peserta didik dapat melakukannya. Jadi program pengayaan sebuah kegiatan yang diperuntukkan bagi peserta didik yang memiliki kemampuan akademik yang tinggi yang berarti mereka adalah peserta didik yang tergolong cepat dalam menyelesaikan tugas belajarnya. Langkah-langkah yang harus dilaksanakan dalam pengajaran pengayaan merupakan keseluruhan kegiatan bimbingan belajar tambahan yang dimulai dari langkah mengidentifikasi siswa yang sudah memenuhi KKM sampai dengan langkah menilai keberhasilan/tindak lanjut[4]

Namun harus disadari pula bahwa dalam kenyataannya, para siswa yang berada dalam satu kelas memiliki berbagai perbedaan antara satu dengan yang lainnya mengingat kecepatan tiap-tiap peserta didik dalam pencapaian KD tidak sama (Harahap, 1982). Dengan adanya keanekaragaman ini, tentunya dapat menyebabkan perbedaan tingkat penguasaan belajar siswa. Untuk menghadapi perbedaan inilah, saat ini proses pembelajaran berorientasi pada prinsip belajar tuntas yang berimplikasi pada adanya pelaksanaan program perbaikan (remedial)[5].

Siswa yang mengalami kesulitan belajar seperti itu akan memiliki resiko hasil yang didapatkan dari belajar kurang maksimal. Dalam rangka membantu peserta didik mencapai standar isi dan standar kompetensi lulusan, pelaksanaan atau proses pembelajaran perlu diusahakan agar interaktif, inspiratif, menyenangkan, menantang, memotivasi peserta didik untuk berpartisipasi aktif, serta memberikan kesempatan yang cukup bagi prakarsa, kreativitas, dan kemandirian sesuai dengan bakat, minat, dan perkembangan fisik serta psikologis peserta didik[1].

Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Apakah penerapan program remedial dan pengayaan pengaruh terhadap hasil belajar siswa
2. Konsep konsep yang digunakan dalam penerapan program remedial dan pengayaan
3. Bagaimana pengaruh dari penerapan remedial dan pengayaan dalam proses pembelajaran

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari penerapan program remedial dan pengayaan melalui pembelajaran terhadap hasil belajar siswa

1. Untuk mengetahui prinsip strategi pengayaan terhadap hasil belajar siswa
2. Untuk mengetahui penerapan pengayaan dalam proses belajar terhadap hasil belajar siswa
3. Untuk mengetahui konsep remedial dalam proses belajar dikelas

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di SMA Negeri 8 Kota Jambi pada September 2021

Prosedur Penelitian

Penelitian ini adalah penelitian lapangan (*field research*) yang menggunakan metode penelitian kualitatif dengan alasan, bahwa dalam penelitian ini berupaya menggali data yang berkenaan permasalahan yang diteliti. Kemudian peneliti memunculkan suatu temuan atau mengembangkan suatu temuan yang dapat memberikan informasi serta gambaran tentang apa yang telah peneliti laksanakan. Jenis penelitian deskriptif kualitatif digunakan untuk menganalisis kejadian, fenomena atau keadaan secara social. Subjek pada penelitian ini adalah guru fisika di SMA Negeri 8 kota Jambi. Metode pengumpulan data observasi ini dilakukan dengan melakukan pengamatan secara langsung terhadap aktivitas sekitar. Metode pengumpulan data wawancara dilakukan dengan cara memberikan pertanyaan secara langsung kepada Narasumber atau informan yang mengalaminya. Metode studi Pustaka ini berupa kajian terhadap literatur yang sesuai dengan penelitian ini, baik berupa buku, jurnal atau sumber dari internet.

Guna mendapatkan data yang relevan, maka dalam pencarian data peneliti menggunakan dua metode pengumpulan data, yaitu metode observasi dan metode wawancara. Pengambilan data dilakukan sampai peneliti mendapatkan data yang sesuai dengan yang diperlukan atau data yang diinginkan berkecukupan. Metode Observasi digunakan untuk mencari data mengenai pelaksanaan pengajaran pengayaan dengan instrument pedoman wawancara, metode wawancara digunakan untuk mencari data mengenai pemahaman guru dan masalah-malah yang dihadapi oleh guru dalam pelaksanaan pengajaran pengayaan. Dengan instrumen pengumpulan data berupa hasil wawancara yang digunakan untuk memperoleh informasi dan hasil observasi yang digunakan untuk melihat secara langsung objek yang akan diteliti.

Penelitian ini menggunakan Teknik analisis data yang terdapat tiga komponen yang terdiri dari reduksi data yang merupakan untuk menentukan data yang relevan dan mengatur sedemikian rupa sehingga dapat menarik kesimpulan. Sajian data adalah untuk menggabungkan informasi sehingga bisa memberi gambaran terhadap keadaan yang terjadi. Penarikan kesimpulan dalam penelitian ini adalah seleksi data, penarikan kesimpulan sudah dimulai dari proses awal diperolehnya data.

Terhadap proses belajar mengajar tersebut yang menjadi objeknya adalah siswa atau peserta didik. Proses belajar mengajar dalam sebuah pendidikan bertujuan untuk mendidik, membimbing dan mengarahkan siswanya sesuai dengan tujuan pendidikan tersebut agar tercapainya tujuan pendidikan nasional. Terlepas dari itu semua, untuk mewujudkan pelaksanaan pendidikan tersebut maka diperlukan suatu sistem bimbingan belajar untuk mengatasi setiap permasalahan yang menjadi sebuah kesulitan belajar siswa dalam proses pembelajaran tersebut, dan untuk mengatasi permasalahan yang dialami siswa tersebut yaitu dengan mendiagnostik kesulitan yang dialami siswa serta melaksanakan *remedial teaching* kepada siswa yang mengalami kesulitan belajar[1].

Hasil dan Pembahasan

Pada wawancara dilakukan Bersama narasumber JS, Salah satu guru mata pelajaran fisika di SMA Negeri 8 kota Jambi. Adapun hasil didapatkan ialah:

Dalam wawancara yang dilakukan terdapat 10 pertanyaan yang berkaitan dengan pengertian, tujuan, fungsi dan teknis dalam pengajaran remedial dan pengayaan. Berdasarkan hasil wawancara yang didapatkan, dapat diketahui bahwa guru memahami mengenai pengertian pengajaran remedial dan pengayaan dengan baik. Bagi guru pengertian pengajaran pengayaan merupakan salah satu bentuk pengajaran yang khusus diberikan kepada siswa yang cepat dalam belajar. Hal tersebut tampak melalui beberapa ungkapan dari guru sebagai berikut.

“Menurut saya, pengajaran pengayaan itu merupakan salah satu pengajaran yang sangat penting dalam membantu siswa mendalami materi yang sedang mereka pelajari. Selain itu, pengajaran pengayaan merupakan bentuk pengajaran yang khusus diberikan kepada siswa yang cepat dalam belajar dengan nilai yang bisa dikatakan baik. Namun pada saat sekolah online seperti ini saya tidak mengadakan pengayaan mengapa karena waktu yang terbatas dan pembelajaran dilakukan digoogle meet namun terkadang semua KD/ indikator tidak terpenuhi semuanya karena terburu buru oleh waktu.

Berdasarkan hasil analisis data yang dilakukan, pelaksanaan pembelajaran remedial yang dilaksanakan oleh guru fisika di SMAN 8 Kota Jambi terdapat 2 sesi pembelajaran dikarenakan pandemic

covid 19. terdapat 3 proses yang diamati oleh peneliti diantaranya, yaitu : pelaksanaan dan penilaian pembelajaran remedial pada mata pelajaran fisika.

1. Pelaksanaan Pembelajaran Remedial Mata Pelajaran Fisika

Pembelajaran remedial yang dilaksanakan di SMA Negeri 8 Kota Jambi dilaksanakan setelah siswa selesai melaksanakan evaluasi penilaian harian (PH), Penilaian Tengah Semester (PTS)

a. Pelaksanaan Pembelajaran Remedial Pada Penilaian Harian (PH)

Pembelajaran remedial pada mata pelajaran fisika di SMA Negeri 8 Kota Jambi dilaksanakan setelah siswa melaksanakan evaluasi hasil belajar pada pokok bahasan/topik fisika tertentu yang dianggap sebagai penilaian harian (PH). Berdasarkan studi dokumen yang dilakukan diperoleh data siswa yang mengikuti remedial pada topik fisika , yaitu untuk kelas XI IPA 4 yang berjumlah 37 siswa dibagi menjadi 2 sesi pada sesi 1 dan 2 mengenai materi Elastisitas dan kelas XI IPA 5 yang berjumlah 38 siswa dibagi menjadi 2 sesi pada materi Fluida statis. Pada tahun ajaran 2021/2022 sebagai berikut.

Tabel 1 Ketuntasan Siswa Kelas XI IPA 4

Untuk sesi 1 dan sesi 2 pada materi Elastisitas pada tahun ajaran 2021/2022

Kelas XI IPA 4	Jumlah siswa	Jumlah siswa yang tuntas	Jumlah siswa yang belum tuntas	(%) siswa remedial
Sesi 1	18 siswa	9 siswa	7 siswa	38,8 %
Sesi 2	19 siswa	11 siswa	6 siswa	31,57 %

Sesuai dengan Tabel. 1 siswa pada sesi 1 banyak yang mengikutin remedial dengan persen 38,8 % maka metode pembelajaran remedial yang idealnya digunakan oleh guru berdasarkan persentase jumlah siswa yang mengikuti remedial pada materi Elastisitas yaitu pada kelas XI IPA 4 dengan metode pemberian tugas secara individu. Sedangkan pada sesi 2 siswa yang remedial lebih sedikit dibandingkan siswa pada sesi 1. Metode remedial pada sesi 1 dan sesi 2 dilakukan dengan sama dengan metode pemberian tugas secara individu . karena jumlah seluruh peserta yang mengikuti remedial lebih dari 20% tetapi kurang dari 50% maka dengan itu pemberian pembelajaran ulang dengan metode dan media yang berbeda karena jumlah peserta yang mengikuti remedial kurang dari 50%.

Tabel 2 Ketuntasan Siswa Kelas XI IPA 5

Untuk sesi 1 dan sesi 2 pada materi Fluida statis pada tahun ajaran 2021/2022

Kelas XI IPA 5	Jumlah siswa	Jumlah siswa yang tuntas	Jumlah siswa yang belum tuntas	(%) siswa remedial
Sesi 1	19 siswa	10 siswa	9 siswa	47,36 %
Sesi 2	19 siswa	7 siswa	12 siswa	63,15 %

Sesuai dengan Tabel 2. siswa pada sesi 2 banyak yang mengikutin remedial dengan persen 63,15% maka metode pembelajaran remedial yang idealnya digunakan oleh guru berdasarkan persentase jumlah siswa yang mengikuti remedial pada materi Fluida Statis yaitu pada kelas XI IPA 5 dengan metode pemberian tugas secara individu. Sedangkan pada sesi 1 siswa yang remedial lebih sedikit dibandingkan siswa pada sesi 2. Metode remedial pada sesi 1 dan sesi 2 dilakukan dengan sama dengan metode pemberian tugas secara individu, karena jumlah seluruh peserta yang mengikuti remedial lebih dari 50 % tetapi kurang dari 70 % maka dengan itu pemberian pembelajaran ulang dengan metode dan media yang berbeda karena jumlah peserta yang mengikuti remedial lebih dari 50%.

Berdasarkan studi dokumen pada Tabel. 1 dan Tabel. 2 bahwa jumlah siswa yang mengikuti remedial di kelas XI IPA 4 dan XI IPA 5 pada mata pelajaran fisika untuk tahun ajaran 2021/2022 menunjukkan persentase yang berbeda pada materi Elastisitas di kelas XI IPA 4 dan materi fluida statis di kelas XI IPA 5. Persentase yang berbeda menunjukkan implementasi pembelajaran remedial yang dilaksanakan juga berbeda. Namun, berdasarkan fakta di lapangan pelaksanaan pembelajaran remedial yang dilaksanakan di SMA Negeri 8 Kota Jambi dilaksanakan sama, yaitu dengan metode pemberian tugas secara individu berupa pengerjaan soal soal atau berupa kuis dengan menggunakan quizizz pada materi yang belum dipahami oleh siswa serta tanpa memperhatikan persentase siswa yang mengikuti kegiatan remedial.

b. Pelaksanaan Pembelajaran Remedial Pada Penilaian Tengah Semester (PTS)

Pelaksanaan PTS dan remedial untuk PTS di SMA Negeri 8 Kota Jambi tidak dilaksanakan. PTS yang dilaksanakan di SMA Negeri 8 Kota Jambi hanya dilakukan dengan menjumlahkan hasil

ulangan harian pada setiap KD. Hasil penjumlahan penilaian harian tersebut digunakan sebagai pelaporan Nilai Tengah Semester (NTS). Apabila setelah dilakukan penjumlahan hasil nilai ulangan harian pada setiap KD masih terdapat siswa yang belum mencapai ketuntasan dan masih memperoleh nilai di bawah KKM, maka guru fisika tersebut memberi tugas tambahan untuk menambah nilai yang kurang. Remedial PTS tidak dilakukan karena guru fisika lebih memfokuskan siswa untuk mempersiapkan ujian akhir semester.

Mulyono (2012) [6] mengatakan pada tiap akhir kegiatan pembelajaran dari suatu unit pelajaran, guru melakukan evaluasi formatif dan setelah adanya evaluasi formatif anak-anak yang belum menguasai bahan pelajaran diberikan pengajaran remedial. Akan tetapi, pada intinya dalam prinsip belajar tuntas, siswa harus mencapai suatu tingkat penguasaan tertentu terhadap tujuan-tujuan pembelajaran dari suatu unit pelajaran tertentu sebelum pindah ke unit pelajaran yang berikutnya. Dengan diterapkan prinsip ini, tujuan pembelajaran yang telah ditentukan dapat dicapai secara optimal dan jarak antara siswa yang cepat dan lambat dalam belajar semakin kecil.

2. Penilaian Pembelajaran Remedial Mata pelajaran fisika

Setelah dilaksanakan kegiatan remedial maka diakhiri dengan penilaian untuk mengukur sejauh mana perubahan yang dialami siswa setelah mengikuti remedial. Remedial diberikan kepada siswa yang belum mencapai ketuntas atau nilainya dibawah KKM. Remedial diberikan berupa pengerjaan tugas atau mengerjakan soal penilain sebelumnya. Bagi siswa yang belum mencapai ketuntas maka diperbolehkan melakukan perbaikan hingga batas akhir semester. Hal ini sesuai dengan Panduan Penilaian SMA Kurikulum 2013 menyatakan bahwa apabila setelah peserta didik melakukan pembelajaran remedial maka diakhiri dengan penilaian untuk melihat pencapaian peserta didik pada KD yang diremedial.

Pembelajaran remedial difokuskan pada KD yang belum tuntas dan dapat diberikan berulang-ulang sampai mencapai KKM dengan waktu hingga batas akhir semester. Apabila hingga akhir semester pembelajaran remedial belum bisa membantu peserta didik mencapai KKM. Pendidik tidak dianjurkan memaksakan untuk memberi nilai tuntas (sesuai KKM) kepada peserta didik yang belum mencapai KKM. Setelah siswa mengikuti remedial menunjukkan bahwa remedial dapat meningkatkan nilai hasil belajar siswa dari sebelumnya tidak mencapai KKM menjadi mencapai KKM. Meskipun nilai yang diperoleh siswa setelah mengikuti remedial hanya sebatas nilai KKM dan tidak melebihi nilai KKM. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Bukhari (2017) dan Jangid dan Inda (2016) yang menunjukkan bahwa dengan pelaksanaan remedial dapat membantu siswa dalam meningkatkan nilai hasil belajar yang diperoleh siswa.

Penilaian yang diberikan guru bagi siswa yang mengikuti remedial sebatas nilai KKM saja, dengan tujuan nilai yang diperoleh siswa bersifat adil dan tidak memihak antara siswa yang mengikuti remedial dengan siswa yang tidak mengikuti remedial. Hasil penelitian tersebut sesuai menurut Kemendikbud (2017), tes remedial diberikan kepada peserta didik yang telah mengikuti program pembelajaran remedial, agar dapat diketahui pencapaian ketuntasan dalam penguasaan kompetensi yang telah ditentukan atau belum. Sementara nilai hasil remedial tidak melebihi nilai KKM.

Keberhasilan pelaksanaan remedial di mata pelajaran fisika dalam meningkatkan hasil belajar siswa:

1. Memperbaiki dan meningkatkan pemahaman siswa terhadap materi pelajaran yang belum dipahami
2. Memperbaiki dan meningkatkan hasil belajar siswa
3. Mengantarkan siswa mencapai kriteria ketuntasan belajar (KKM)
4. Memperbaiki kelemahan-kelemahan pembelajaran yang dilaksanakan oleh guru

Setelah melaksanakan kegiatan remedial nilai siswa yang semula tidak mencapai standar KKM dapat diperbaiki oleh siswa sehingga memperoleh nilai yang mencapai standar KKM dan dapat tuntas belajar.

Pada hakikatnya, program pengayaan dan remedial merupakan pelengkap dan penjabaran dari program mingguan dan harian. Berdasarkan hasil analisis terhadap kegiatan belajar, dan terhadap tugas-tugas modul, hasil tes, dan ulangan dapat diperoleh tingkat kemampuan belajar setiap peserta didik. Hasil analisis ini dipadukan dengan catatan-catatan yang ada pada program mingguan dan harian, untuk digunakan sebagai bahan tindak lanjut proses pembelajaran yang telah dilaksanakan. Program ini juga mengidentifikasi modul yang perlu diulang, peserta didik yang wajib mengikuti remedial dan yang mengikuti program pengayaan. Pembelajaran remedial adalah kegiatan yang ditunjukkan untuk membantu siswa yang mengalami kesulitan dalam menguasai materi pembelajaran.

Pembelajaran remedial adalah pembelajaran yang diberikan kepada peserta didik yang belum mencapai ketuntasan tertentu, menggunakan berbagai metode yang diakhiri oleh penilaian untuk mengukur kembali tingkat ketuntasan peserta didik [7].

KESIMPULAN

Peserta didik memiliki kemampuan dan karakteristik yang berbeda-beda. Sesuai dengan kemampuan dan karakteristik yang berbeda-beda tersebut maka permasalahan yang dihadapi peserta didik berbeda-beda pula. Dalam melaksanakan pembelajaran, seorang pendidik perlu tanggap terhadap kesulitan yang dihadapi maupun kelebihan yang dimiliki peserta didik. Peningkatan efektifitas pembelajaran dengan menggunakan program remedial dan pengayaan merupakan pelengkap dan penjabaran dari program mingguan dan harian. Berdasarkan pada hasil analisis terhadap kegiatan belajar, tugas-tugas modul, hasil tes, dan ulangan, maka dapat diperoleh tingkat kemampuan belajar setiap peserta didik. Hasil analisis tersebut dipadukan dengan catatan-catatan yang ada pada program mingguan dan harian untuk digunakan sebagai bahan tindak lanjut proses pembelajaran yang telah dilaksanakan. Pada hakikatnya semua peserta didik akan dapat mencapai standar kompetensi yang ditentukan, hanya waktu pencapaiannya yang berbeda. Ada peserta didik yang lambat dalam penguasaan suatu materi dan ada pula peserta didik yang sangat cepat dalam penguasaan materi.

Proses remediasi pembelajaran Dilakukan secara bertahap. Pertama, guru Mencari tahu kesulitan peserta didik dalam Mempelajari suatu materi tertentu dengan Memberi tes diagnostik. Kedua, guru Melakukan kegiatan yang diarahkan untuk Membantu peserta didik mengatasi kesulitankesulitan yang dialami dalam materi tersebut. Sehingga, peserta didik menjadi paham. Pembelajaran pengayaan adalah pembelajaran yang diberikan kepada peserta didik yang telah melampaui ketuntasan minimal yang ditentukan oleh pendidik sehingga dapat lebih optimal

SARAN

Adapun saran mengenai hasil observasi sebagai berikut:

Semoga dengan adanya laporan ini dapat membantu para pembaca untuk lebih memahami tentang pengayaan dan remedial, sangat penting bagi kita sebagai calon pendidik, disarankan untuk membaca dan memahami isi tersebut, guru sebaiknya membimbing siswa terutama pada siswa yang kurang keinginan agar memiliki keinginan yang tinggi untuk menjawab soal-soal yang diberikan

DAFTAR PUSTAKA

1. Sururiyah lailatus. 2018. *Efektivitas penerapan remedial Teaching terhadap peningkatan kemampuan siswa dalam memahami kemampuan siswa*. Vol 4, No. 1
2. Wiratini. N. M.Apriliani.N . P, Sudiana. K. 2019. *pelaksanaan pembelajaran remedial mata pelajaran kimia*. Vol 3, No. 2
3. Lidi Waldetrudis Maria. 2018. *pembelajaran remedial sebagai suatu upaya dalam mengatasin kesulitan belajar*. vol IX. No 1
4. Wisudariani Rai. M.N, Wendar . W. I, Antari Tri Yuni. K. N. 2017. *Pelaksanaan pengajaran pengayaan Dalam pembelajaran bahasa Indonesia dikelas XI TKJ 2 SMK Negeri 3 Singaraja*. Vol 7, No.2
5. Insani Nurul Aulia, Anwar S, Supriadi U. 2020. *Efektivitas program remedial terhadap peningkatan hasil belajar perserta didik* . Vol 18, No. 1
6. Mulyono, A. (2012). *Anak Berkesulitan Belajar: Teori, Diagnosis, dan Remediasinya*. Jakarta: Rineka Cipta.
7. Hermawati Herma, Cahyono Andri Novi, Setiani Ana. 2017. *proses pelaksanaan remedial teaching terhadap ketuntasan belajar matematika peserta didik*. Vol 4, No. 2

PROSEDUR PENGGUNAAN METODE BELAJAR PADA MATA PEMBELAJARAN FISIKA DI SMAN 10 KOTA JAMBI DI ERA NEW NORMAL

Galuh Widiadinat, Deswalman, dan M. Hidayat

Pendidikan Fisika, Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jambi, Jl. Lintas Jambi - Muara

Bulian Km. 15, Jambi, 36361, Indonesia

E-mail: g4luh.4wd@gmail.com

Abstrak

Penelitian yang dilakukan di SMAN 10 Kota Jambi pada guru mata pelajaran fisika yang bertujuan untuk mengetahui pengertian, kekurangan dan kelebihan metode belajar. Dalam pembelajaran fisika guru memerlukan beberapa metode belajar dalam proses mengajar guna untuk membantu menjelaskan mengenai materi yang akan dibahas. Metode belajar ini terbagi menjadi 4 metode, yaitu: Metode Demonstrasi, Metode Eksperimen, Metode Inquiry, dan Metode Discovery. Penelitian ini menggunakan metode kualitatif. Data kualitatif berupa wawancara dengan guru. Berdasarkan hasil penelitian di dapatkan hasil yaitu pertama, metode demonstrasi ini jauh lebih baik dari pada metode lain, seperti ceramah. Guru di SMAN 10 Kota Jambi saat menggunakan metode demonstrasi ini melihat materi yang akan diajarkan dan perlengkapan alatnya kemudian melihat situasi dan kondisinya. Keunggulan demonstrasi ini siswa lebih lama mengingat dan mengetahui alat Untuk kekurangannya metode ini membutuhkan waktu panjang, sehingga sulit untuk menghasilkan kesimpulan. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa metode yang di gunakan saat offline dan online itu berbeda. Pada saat offline guru bisa melihat situasi di lapangan dan bisa berinteraksi dengan siswa, bisa melakukan pembelajaran bersama, guru dapat membimbing siswa secara langsung dan bisa mengarahkan metode demonstrasi dan eksperimen.

Kata kunci: pembelajaran, fisika, metode belajar, pembelajaran fisika

Abstract

The research was conducted at SMAN 10 Jambi City on physics subject teachers which aims to find out the meaning, disadvantages and advantages of learning methods. In learning physics, teachers need several learning methods in the teaching process in order to help explain the material to be discussed. This learning method is divided into 4 methods, namely: Demonstration Method, Experimental Method, Inquiry Method, and Discovery Method. This study uses a qualitative method. Qualitative data in the form of interviews with teachers. Based on the results of the study, the results obtained were first, this demonstration method was much better than other methods, such as lectures. The teacher at SMAN 10 Jambi City when using this demonstration method saw the material to be taught and the equipment and then saw the situation and condition. The advantage of this demonstration is that it takes students longer to remember and know the tools. The drawback is that this method takes a long time, making it difficult to draw conclusions. Based on the results of the study, it can be concluded that the methods used offline and online are different. When offline the teacher can see the situation in the field and can interact with students, can do joint learning, the teacher can guide students directly and can direct demonstration and experimental methods.

Keywords: Learning, Physics, Learning Methods, Physics Learning

PENDAHULUAN

Pendidikan dipandang sebagai sarana untuk melahirkan insan-insan yang cerdas, kreatif, terampil, bertanggung jawab, produktif dan berbudi pekerti luhur. Peningkatan kualitas pendidikan dapat dilakukan dengan cara peningkatan sarana dan prasarana, peningkatan mutu para pendidik, peningkatan mutu peserta didik, penyempurnaan sistem penilaian, penataan organisasi dan manajemen pendidikan serta usaha-usaha lain yang berkenaan dengan peningkatan kualitas pendidikan. Kurikulum Berbasis metode pembelajaran yang lebih berpusat pada siswa (student centered) [1].

Pada hakekatnya kegiatan belajar mengajar adalah suatu proses interaksi atau hubungan timbal balik antara guru dan siswa dalam satuan pembelajaran. Guru sebagai salah satu komponen dalam proses belajar mengajar merupakan pemegang peran yang sangat penting. Guru bukan hanya sekedar penyampai materi saja, tetapi lebih dari itu guru dapat dikatakan sebagai sentral pembelajaran. Banyak metode yang dapat diterapkan guru dalam pembelajaran fisika, agar pembelajaran dapat lebih bermakna dan suasana belajar lebih menyenangkan [2].

Teknik pembelajaran dapat diartikan sebagai cara yang dilakukan seseorang dalam mengimplementasikan suatu metode secara spesifik. Misalkan, penggunaan metode demonstrasi pada kelas dengan jumlah siswa yang relatif banyak membutuhkan teknik tersendiri, yang tentunya secara teknis akan berbeda dengan penggunaan metode demonstrasi pada kelas yang jumlah siswanya terbatas. Demikian pula, dengan penggunaan metode eksperimen, perlu digunakan teknik yang berbeda pada kelas yang siswanya tergolong aktif dengan kelas yang siswanya tergolong pasif. Dalam hal ini, guru pun dapat berganti-ganti teknik meskipun dalam koridor metode yang sama.

Menurut Dede Salim [3] metode demonstrasi merupakan pratek yang diperagakan oleh guru kepada siswa. Penerapan metode demonstrasi dapat meningkatkan proses interaksi belajar mengajar dikelas dan siswa dapat meningkatkan proses interaksi belajar mengajar dikelas dan siswa dapat memusatkan perhatian pada pelajaran yang diberikan. Selain itu siswa dapat berpartisipasi aktif dan memperoleh pengalaman langsung serta dapat mengembangkan kecakapannya sehingga siswa dapat lebih memahami materi pelajaran yang diajarkan dengan baik. Metode eksperimen adalah cara penyajian bahan pelajaran dimana siswa melakukan percobaan dengan mengalami untuk membuktikan sendiri suatu pertanyaan atau hipotesis yang dipelajari. Dalam proses mengajar dengan metode eksperimen ini siswa diberi kesempatan untuk mengalami sendiri atau melakukan sendiri, mengikuti proses, mengamati suatu objek, menganalisis, membuktikan dan menarik kesimpulan sendiri tentang suatu objek, keadaan atau proses sesuatu.

Menurut Agustanti [4] model pembelajaran inquiry (menemukan) memiliki keunggulan karena siswa akan melakukan penelitian secara berulang-ulang dan dengan bimbingan yang berkelanjutan. Rasa ingin tahu siswa akan terpenuhi karena model meneliti ini dapat memperkuat dan mendorong secara alami untuk mengeksplorasi sehingga kegiatan dapat dilakukan dengan semangat yang besar dan penuh kesungguhan. Model ini juga diharapkan dapat melatih siswa untuk memiliki kemandirian belajar. Siswa juga dilatih untuk mengumpulkan data dari suatu peristiwa yang terjadi dan mengolahnya secara logis. Dalam pembelajaran dengan metode ini, siswa dituntut untuk memiliki pengetahuan awal yang baik. Selain itu, peran serta guru berupa bimbingan kepada siswa ketika mengalami masalah dalam kegiatan pembelajaran merupakan faktor penting dalam keberhasilan metode pembelajaran ini.

Discovery Learning adalah proses belajar yang di dalamnya tidak disajikan suatu konsep dalam bentuk jadi (final), tetapi siswa dituntut untuk mengorganisasi sendiri cara belajarnya dalam menemukan konsep. Sebagai strategi belajar, Discovery Learning mempunyai prinsip yang sama dengan inquiry.

Kelebihan metode discovery learning [5] adalah, metode ini memungkinkan siswa berkembang dengan cepat dan sesuai dengan kecepatannya sendiri dan meningkatkan tingkat penghargaan pada siswa, karena unsur berdiskusi. Kekurangannya adalah, metode ini menimbulkan asumsi bahwa ada kesiapan pikiran untuk belajar. Bagi siswa yang kurang pandai, akan mengalami kesulitan abstrak atau berfikir atau mengungkapkan hubungan antara konsep - konsep, yang tertulis atau lisan, sehingga pada gilirannya akan menimbulkan frustrasi.

Berdasarkan latar belakang diatas rumusan masalah dalam penelitian ini adalah : Apa saja keunggulan dan kelemahan yang guru alami saat menggunakan metode demonstrasi; Apa saja kelebihan dan kekurangan guru dalam menggunakan metode eksperimen; Apa saja tujuan discovery dalam pembelajaran fisika. Setelah mengetahui rumusan masalah maka tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah : untuk mengetahui apa itu metode demonstrasi, metode eksperimen, metode inquiry, dan metode discovery dan untuk mengetahui kelebihan dan kekurangan metode demonstrasi, metode eksperimen, metode inquiry, dan metode discovery.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kualitatif yang menghasilkan data analisis deskriptif. Dimana data hasil analisis deskriptif ini berupa kata atau kalimat tertulis atau lisan dari subjek dan objek

yang telah diteliti atau diamati. Metode penelitian kualitatif analisis deskriptif ini dipilih karena dapat menjelaskan masalah pada penelitian yang sedang dilakukan oleh para peneliti. Sehingga peneliti dapat menggambarkan sebuah kejadian atau peristiwa secara sistematis, faktual dan akurat terkait objek dan subjek yang sedang diteliti.

Subyek penelitian ini adalah guru fisika kelas XII di SMAN 10 Kota Jambi bersama informan DN. Beliau yang menjadi subyek penelitian karena ruang lingkup penelitian ini adalah penjurusan. Alasan lain yang mendasari adalah peneliti berasal dari jurusan fisika. Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan instrumen pertanyaan untuk wawancara. Wawancara yang dilakukan bersifat terstruktur dengan adanya pendoman wawancara.

Instrumentasi adalah seluruh proses untuk mengumpulkan data. Instrumen berfungsi mengungkapkan suatu fakta menjadi suatu data, sehingga jika instrumen yang digunakan dalam penelitian mempunyai kualitas yang baik, dalam arti valid dan reliabel serta memiliki tingkat kesukaran, daya pembeda dan distraktor/pengecoh yang baik, maka data yang diperoleh akan sesuai dengan fakta atau keadaan sesungguhnya di lapangan. Sedangkan jika kualitas instrumen yang digunakan tidak baik dalam arti mempunyai validitas dan reliabilitas yang rendah, serta memiliki tingkat kesukaran, daya pembeda dan distraktor/pengecoh yang tidak baik, maka data yang diperoleh juga tidak valid atau tidak sesuai dengan fakta di lapangan, sehingga dapat menghasilkan kesimpulan yang keliru [6].

Data yang diperoleh seperti hasil pengamatan, hasil wawancara, hasil pemotretan, analisis dokumen catatan lapangan, disusun penelitian, tidak dituangkan dalam bentuk dan angka-angka. Penelitian segera melakukan analisis data dengan memperkaya informasi, mencari hubungan, dan menentukan pola atas dasar data aslinya (tidak ditransformasi dalam bentuk angka). Hasil analisis data berupa pemaparan mengenai situasi yang diteliti atau disajikan dalam bentuk uraian naratif. Hakikat pemaparan data pada umumnya menjawab pertanyaan-pertanyaan mengapa dan bagaimana suatu fenomena terjadi. Untuk itu peneliti dituntut memahami dan menguasai bidang ilmu yang ditelitinya sehingga dapat memberikan justifikasi mengenai konsep dan makna yang terkandung dalam data [7].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini adalah mendeskripsikan penggunaan metode belajar pada pembelajaran fisika di SMAN 10 Kota Jambi. Berdasarkan hasil wawancara di SMAN 10 kota Jambi sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil wawancara di SMAN 10 kota Jambi

No	Pertanyaan	Jawaban
1	Bagaimana metode demonstrasi yang bapak gunakan dalam pembelajaran fisika di kelas?	Metode Demonstrasi, demonstrasi itu seperti eksperimen tapi dengan alat yang dibawa ke kelas atau dengan peragaan, guru yang meragakan alatnya dan metode demonstrasi ini jauh lebih baik dari pada metode lain, seperti ceramah.
2	Kapan bapak menggunakan metode demonstrasi?	Metode demonstrasi biasanya bapak lakukan jika berkaitan dengan materi yang seharusnya menggunakan alat tetapi alat itu kemungkinan tidak cukup baik berupa jumlah ataupun rusak tidaknya yang tersedia di labor. Dan perlengkapan alatnya kemudian melihat situasi dan kondisinya.
3.	Apa saja keunggulan dan kelemahan yang bapak alami saat menggunakan metode demonstrasi?	Keunggulan demonstrasi ini siswa lebih lama mengingat dan mengetahui alat untuk kekurangannya metode ini membutuhkan waktu yang panjang, sehingga sulit untuk menghasilkan kesimpulan.
4	Bagaimana langkah-langkah pelaksanaan bapak dalam menentukan metode eksperimen?	Langkah-langkah untuk metode eksperimen biasanya melakukan eksperimen itu di lab. Mempersiapkan alatnya, membuat pemakaian metode eksperimen yang mencakup kegiatan - kegiatan, Melaksanakan pemakaian metode eksperimen dan Tindak lanjut

		pemakaian metode eksperimen. Kemudian mengetahui siswa bisa atau tidak.
5	Menurut bapak, apa karakteristik mengenai metode eksperimen?	Karakteristik metode eksperimen ini banyak menggunakan panca indra tidak hanya indra pendengaran melainkan indra pengelihatan, kemudian banyak keterampilan yang di latih di situ. Ada alat bantu yang digunakan, Siswa aktif melakukan percobaan, Guru membimbing, Tempat dikondisikan, Ada pedoman untuk siswa, Ada topik yang dieksperimenkan dan Ada temuan-temuan.
6	Apa saja kelebihan dan kekurangan bapak dalam menggunakan metode eksperimen?	Kelebihan untuk metode eksperimen itu karena banyak menggunakan panca indra dan jauh lebih lama untuk diingat kemudian anak-anak tidak merasa tertekan untuk mengingat pelajaran saat menggunakan metode eksperimen. Kelemahannya adalah banyak sekolah tidak memiliki laboratorium jadi seorang guru harus menyiapkan sendiri kemudian juga harus membereskan alat setelah digunakan, sedangkan siswa baru tau menggunakan eksperimen dan guru harus membimbing lebih maksimal dan sementara hasilnya kurang maksimal.
7	Apa saja tujuan discovery dalam pembelajaran fisika?	Metode penemuan atau menemukan sendiri, jadi belajar dan menemukan itu maka siswa terasa tertantang tidak menerima saja. Tidak seperti ceramah yang menerima saja. Metode discovery ini siswa menjadi lebih mandiri, mereka membaca literature sendiri, melakukan kegiatan sendiri, dan menentukan hasil sendiri.
8	Bagaimana tahap atau langkah bapak dalam pelaksanaan metode discovery?	Tahap Untuk discovery ini biasanya dengan adanya materi-materi yang menantang mereka menjadi lebih tertantang. Selanjutnya guru memberi rangsangan, pernyataan atau identifikasi masalah, pengumpulan data, pengelolaan data, pembuktian dan menarik kesimpulan.
9	Apa saja jenis-jenis metode discovery yang bapak ajarkan?	Jenis discovery yang diajarkan oleh informan adalah, discovery yang terbimbing jika tanpa dibimbing biasanya siswa itu bingung bagaimana memulainya, bagaimana melaksanakannya, dan bagaimana mencari hasilnya tetapi jika di bimbing diberikan arahan ketika mereka melaksanakan percobaan gurunya mendampingi sampai mendapatkan kesimpulan dan hasil.
10	Apakah bapak menggunakan metode mengajar yang berbeda saat offline dan online, tolong jelaskan.	Metode yang di gunakan saat offline dan online itu berbeda. Pada saat offline guru bisa melihat situasi di lapangan dan bisa berinteraksi dengan siswa, bisa melakukan pembelajaran bersama, guru dapat membimbing siswa secara langsung dan bisa mengarahkan metode demonstrasi dan eksperimen. Sedangkan online guru tidak bisa berinteraksi dengan siswa dan guru hanya menggunakan tayangan video dan tayangan virtual laboratorium. Dari keempat metode yang ada, guru di SMA N 10 KOTA JAMBI

menggunakan semua metode yang ada tetapi hanya seperlunya saja dan juga harus ada timbal balik siswa karna bertujuan agar siswa lebih memahami materi.

Berdasarkan hasil wawancara diatas yaitu pertama, metode demonstrasi ini jauh lebih baik dari pada metode lain, seperti ceramah. Kebanyakan guru menggunakan metode demonstrasi ini melihat materi yang akan diajarkan dan perlengkapan alatnya kemudian melihat situasi dan kondisinya. Keunggulan demonstrasi ini siswa lebih lama mengingat dan mengetahui alat. Untuk kekurangannya metode ini membutuhkan waktu yang panjang, sehingga sulit untuk menghasilkan kesimpulan.

Kedua Metode Eksperimen adalah suatu cara mengajar, di mana siswa melakukan suatu percobaan tentang sesuatu hal, mengamati prosesnya serta menuliskan hasil percobaannya, kemudian hasil pengamatan itu disampaikan ke kelas dan di evaluasi oleh guru. Kemudian langkah-langkah untuk metode eksperimen biasanya melakukan eksperimen itu di laboratorium. Mempersiapkan pemakaian metode eksperimen yang mencakup kegiatan - kegiatan, Melaksanakan pemakaian metode eksperimen dan Tindak lanjut pemakaian metode eksperimen. Selanjutnya untuk karakteristik ada alat bantu yang digunakan, Siswa aktif melakukan percobaan, Guru membimbing, Tempat dikondisikan, Ada pedoman untuk siswa, Ada topik yang dieksperimenkan dan Ada temuan-temuan.

Kelebihan untuk metode eksperimen itu karna banyak menggunakan panca indra dan jauh lebih lama untuk diingat kemudian anak-anak tidak merasa tertekan untuk mengingat pelajaran saat menggunakan metode eksperimen. Kelemahannya adalah banyak sekolah tidak memiliki laboratorium jadi seorang guru harus menyiapkan sendiri kemudian juga harus membereskan alat setelah digunakan, sedangkan siswa baru tau menggunakan eksperimen dan guru harus membimbing lebih maksimal dan sementara hasilnya kurang maksimal.

Ketiga metode inquiri adalah suatu cara menyampaikan pelajaran dengan penelaahan sesuatu yang bersifat mencari secara kritis, analisis, dan argumentative (ilmiah) dengan menggunakan langkah-langkah tertentu menuju kesimpulan. Adapun Strategi pelaksanaan metode inquiri Guru memberikan penjelasan, instruksi atau pertanyaan terhadap materi yang akan diajarkan. Sebelum memulai pelajaran guru harus memahami sejauh mana siswa memiliki persepsi terhadap materi tersebut. Kemudian guru dan siswa bersama-sama membandingkan persepsi dengan berbagai pendapat atau teori yang sudah ada.

Kempat metode discovery ini adalah metode penemuan atau menemukan sendiri, jadi belajar dan menemukan itu maka siswa terasa tertantang tidak menerima saja, tidak seperti ceramah yang menerima saja. Metode discovery ini siswa menjadi lebih mandiri, mereka membaca literature sendiri, melakukan kegiatan sendiri, dan menentukan hasil sendiri. Tahap Untuk discovery ini biasanya dengan adanya materi-materi yang menantang mereka menjadi lebih tertantang. Selanjutnya guru memberi rangsangan, pernyataan atau identifikasi masalah, pengumpulan data, pengelolaan data, pembuktian dan menarik kesimpulan.

Menurut Olivia [8] metode pembelajaran demonstrasi adalah salah satu metode pembelajaran kooperatif yang menekankan pada partisipasi dan aktifitas siswa untuk mencari jawaban dengan usaha sendiri berdasarkan fakta atau data yang benar. Sedangkan kelas kontrol diberi perlakuan dengan pembelajaran konvensional berupa ceramah dan tanya jawab. Metode eksperimen merupakan suatu cara penyajian pelajaran dimana siswa melakukan percobaan untuk membuktikan suatu pertanyaan atau hipotesis yang dipelajari. Metode eksperimen (percobaan) adalah cara penyajian pelajaran, dimana siswa melakukan percobaan dengan mengalami dan membuktikan sendiri sesuatu yang dipelajari. Pembelajaran inquiri juga didefinisikan sebagai pembelajaran yang mempersiapkan situasi bagi anak untuk melakukan eksperimen sendiri, dalam arti luas ingin melihat apa yang terjadi, melakukan sesuatu, menggunakan simbol-simbol (gambar-gambar) dan mencari jawaban atas pertanyaan sendiri, menghubungkan penemuan yang satu dengan penemuan yang lain, membandingkan yang ditemukan sendiri dengan yang ditemukan orang lain [9].

Menurut Nurdin [10] Sebagai strategi belajar, Discovery Learning mempunyai prinsip yang sama dengan inquiry. Tidak ada perbedaan yang prinsipil pada kedua istilah ini, pada Discovery Learning lebih menekankan pada ditemukannya konsep atau prinsip yang sebelumnya tidak diketahui. Perbedaannya dengan Discovery ialah bahwa pada Discovery masalah yang dihadapkan kepada siswa semacam masalah yang direkayasa oleh guru, sedangkan pada inquiri masalahnya bukan hasil rekayasa, sehingga siswa

harus mengarahkan seluruh pikiran dan keterampilannya untuk mendapatkan temuan-temuan di dalam masalah itu melalui proses penelitian.

SIMPULAN DAN SARAN

Metode mengajar merupakan salah satu dari seperangkat strategi belajar mengajar yang dapat digunakan untuk mencapai tujuan belajar mengajar. Prinsip - prinsip mengajar adalah interaksi antara siswa dengan lingkungan pembelajaran agar tercapai tujuan pembelajaran (perubahan perilaku). Berdasarkan hasil wawancara dan observasi di SMA N 10 KOTA JAMBI, dapat disimpulkan bahwa metode yang di gunakan saat offline dan online itu berbeda. Pada saat offline guru bisa melihat situasi di lapangan dan bisa berinteraksi dengan siswa, bisa melakukan pembelajaran bersama, guru dapat membimbing siswa secara langsung dan bisa mengarahkan metode demonstrasi dan eksperimen. Sedangkan online guru tidak bisa berinteraksi dengan siswa dan guru hanya menggunakan tayangan video dan tayangan virtual laboratorium. Dari keempat metode yang ada guru di SMA N 10 KOTA JAMBI menggunakan semua metode yang ada tetapi hanya seperlunya saja dan juga harus ada timbal balik siswa karna bertujuan agar siswa lebih memahami materi.

Semoga dengan adanya penulisan ini, para pembaca bisa lebih mengetahui tentang metode belajar siswa, kekurangan dan kelebihan metode belajar pada pembelajaran fisika. Terlebih khusus lagi kepada mereka calon guru, semoga bisa menjadi bahan pelajaran yang baik, dan semoga bisa diterapkan nanti ketika kita sudah bekerja menjadi seorang guru.

DAFTAR PUSTAKA

1. Muhamad, N. (2017). Pengaruh metode discovery learning untuk meningkatkan representasi matematis dan percaya diri siswa. *Jurnal Pendidikan UNIGA*, 10(1), 9-22.
2. Sudarmi. (2019). *Cara Mudah Belajar Fisika Materi Suhu dan Kalor Melalui Metode Demonstrasi*. Jakarta Selatan: PT Cipta Gadhing Artha.
3. Nahdi, D. S., Yonanda, D. A., & Agustin, N. F. (2018). Upaya Meningkatkan Pemahaman Konsep Siswa Melalui Penerapan Metode Demonstrasi Pada Mata Pelajaran IPA. *Jurnal Cakrawala Pendas*, 4(2).
4. Agustanti. T. H. (2012). Implementasi Metode Inquiry Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Biologi. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*. 1(1).
5. Kemendikbud. (2013). *Materi Pelatihan Guru Implementasi Kurikulum 2013 SMP/MTs matematika*. Jakarta: Kementrian Pendidikan Dan Kebudayaan.
6. Arifin, Z. (2017). Kriteria instrumen dalam suatu penelitian. *Jurnal Theorems (the original research of mathematics)*, 2(1), 28-36.
7. Salim, H. (2019). *Penelitian Pendidikan: Metode, Pendekatan, dan Jenis*. Kencana.
8. Gumay, O, P, U, Bertiana. V. (2018). Pengaruh Metode Demonstrasi Terhadap Hasil Belajar Fisika Kelas X MA ALMUHAJIRIN TUGUMULYO. *SPEJ (Science and Physics Education Journal)*. 1(2). E-ISSN : 2598-2567. P-ISSN : 2614-0195.
9. Nugraha, D. A., VH, E. S., & Masykuri, M. (2013). Efektivitas Metode Pembelajaran Kooperatif Think Pair Share (TPS) yang Dilengkapi Media Kartu Berpasangan (Index Card Match) terhadap Prestasi Belajar Siswa pada Materi Ikatan Kimia Kelas X Semester Gasal SMA N 2 Karanganyar Tahun Pelajaran 2012/2013. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 2(4), 174-181.
10. Muhamad, N. (2017). Pengaruh metode discovery learning untuk meningkatkan representasi matematis dan percaya diri siswa. *Jurnal Pendidikan UNIGA*, 10(1), 9-22.

PENGARUH METODE PEMBELAJARAN *DISCOVERY LEARNING* PADA KARAKTERISTIK SISWA DAN KARAKTERISTIK PEMBELAJARAN FISIKA DI SMAN 1 KABUPATEN BUNGO

Zakhia Jilan Fadhila, Mardona, M. Hidayat

*Pendidikan Fisika, Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jambi, Jl. Raya Jambi-Ma Bulian
Km 15 Mendalo darat, Jambi, 36361, Indonesia
E-mail: zakiajhilanfadhila@gmail.com*

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh metode pembelajaran Discovery Learning terhadap karakteristik siswa dan karakteristik pembelajaran fisika di SMA Negeri 1 Kabupaten Bungo. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dengan menggunakan pendekatan kualitatif. Sampel pada penelitian ini adalah seorang guru mata pelajaran fisika. Data dikumpulkan dengan menggunakan metode wawancara bersama guru mata pelajaran fisika. Selanjutnya data tersebut dianalisis menggunakan Miles and Huberman. Hasil penelitian ini menunjukkan perubahan karakteristik peserta didik yang sangat signifikan hasil dari penggunaan metode pembelajaran Discovery Learning yang sangat cocok jika diterapkan dalam proses pembelajaran sebab dapat meningkatkan prestasi belajar peserta didik dan dapat meningkatkan aspek kognitif, afektif, dan psikomotorik peserta didik dengan cukup baik.

Kata kunci: *Discovery Learning; Karakteristik Peserta Didik; Pembelajaran Fisika*

Abstract

The purpose of this study is to find out the influence of Discovery Learning learning methods on student characteristics and physical learning characteristics in Sma Negeri 1 Bungo Regency. This research is descriptive research using a qualitative approach. The sample in this study was a physics subject teacher. The data was collected using interview methods with physics subject's teachers. The data was analyzed using Miles and Huberman. The results of this study showed a very significant change in the characteristics of learners resulting from the use of Discovery Learning learning methods that are very suitable if applied in the learning process because it can improve the learning achievement of learners and can improve the cognitive, affective, and psychomotor aspects of learners quite well.

Keywords: *Discovery Learning; Characteristics of Learner, Physics Learning*

PENDAHULUAN

Dalam melaksanakan proses belajar mengajar maka terdiri dari siswa, guru dan materi pembelajaran agar proses ini bisa terlaksana serta berjalan dengan lancar. Proses pembelajaran terdapat beberapa komponen, salah satunya terdapat siswa dan guru serta tujuan yang ingin dicapai pada proses pembelajaran tertentu. Tenaga pendidik dalam melaksanakan proses belajar mengajar atau proses pembelajaran ini harus terlebih dahulu menganalisis siswa atau muridnya. Analisis yang dilakukan oleh tenaga pendidik ini meliputi karakteristik umum siswa, karakteristik akademik siswa, kemampuan, intelektual dan proses belajar yang diminati oleh siswa. Sehingga antara tenaga pendidik dan siswa akan mendapatkan *chemistry* dan itu akan mempermudah proses pembelajaran.

Seperti yang kita ketahui, setiap orang di seluruh dunia ini memiliki karakteristik yang berbeda-beda sehingga mereka juga memiliki keunikan tersendiri. Karakteristik ini berasal dari kata karakter yang berarti sifat-sifat kejiwaan, akhlak, budi pekerti, tabiat dan watak yang membedakan seseorang dengan orang lainnya. Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) karakteristik merupakan kemampuan sifat seseorang yang khas dimilikinya berbeda dengan perwatakan orang lain. Maka karakteristik yang dimiliki setiap siswa juga akan berbeda-beda, dimulai dari karakter akademik dan karakter non akademik.

Karakteristik siswa ini merupakan cerminan dari pola kelakuan dan kemampuan dari pembawaan orang tua serta lingkungan sosialnya sehingga akan menentukan pola dari kegiatan aktivitasnya [1].

Menurut Situmorang (2018:13-22) [2], karakteristik siswa yang dibahas pada bagian ini khusus yang berkaitan dengan aspek fisik, intelektual, sosial-emosional, moral, spiritual dan latar belakang sosial budaya.

a. karakteristik siswa yang berkaitan dengan aspek fisik

Pada usia remaja terjadi pertumbuhan fisik yang sangat pesat. Tidak hanya pada anggota tubuh tertentu tetapi juga proporsi tubuh yang makin besar. Pada perkembangan seksualitas remaja ditandai dua ciri yaitu seks primer dan seks sekunder. Kemampuan psikomotorik berkaitan dengan ketrampilan motorik yang berhubungan dengan anggota tubuh atau tindakan yang memerlukan koordinasi antara syaraf dan otak

b. karakteristik siswa yang berkaitan dengan aspek intelektual

Perkembangan kognitif menurut piaget, dimana masa remaja sudah mencapai tahap formal (operasi = kegiatan – kegiatan mental tentang berbagai gagasan). Remaja mampu memikirkan tentang masa depan dengan membuat perencanaan dan mengeksplorasi berbagai kemungkinan untuk encapainya. Remaja sudah menyadari tentang aktivitas kognitif dan mekanisme yang membuat kognitif tersebut lebih efisien.

c. Karakteristik siswa yang berkaitan dengan aspek emosional

Mencapai kematangan emosional merupakan tugas perkembangan yang sangat sulit bagi remaja. Pada proses ini dipengaruhi oleh kondisi social emosional lingkungannya, terutama lingkungan keluarga dan kelompok teman sebaya. gejala-gejala emosional para remaja seperti perasaan sayang, marah, takut, bangga dan rasa malu, cinta dan benci, harapan-harapan dan putus asa, perlu dicermati dan dipahami dengan baik.

d. Karakteristik siswa yang berkaitan dengan moral

Perkembangan moral remajasesuai dengan tingkat perkembangan kognisi yang mulai mencapai tahapan berpikir operasional formal, kemampuan berpikir abstrak, memecahkan masalah-masalah yang bersifat hipotesis. Pemikiran remaja tidak lagi hanya terikat pada waktu, tempat, dan situasi, tetapi juga pada sumber moral yang menjadi dasar hidup mereka

e. Karakteristik peserta didik yang berkaitan dengan aspek spiritual

Kata spiritual berasal dari bahasa Inggris yaitu 'spirituality' yang kata dasarnya 'spirit' yang berarti ruh, jiwa, semangat. Kata 'spirit' berasal dari bahasa latin 'spiritus' yang berarti luas atau dalam, keteguhan hati atau keyakinan, energy atau semangat. Kata sifat 'spiritual' berasal dari bahasa latin 'spiritualis'. Hubungan antara spiritual dan religius. Spiritualitas adalah kesadaran tentang diri dan individu, asal, tujuan, dan nasib, sedangkan religius merupakan serangkaian produk perilaku tertentu yang dihubungkan dengan kepercayaan yang dinyatakan.

f. Karakteristik peserta didik yang berkaitan dengan aspek sosial-budaya

Peserta didik kemungkinan berasal dari beragam budaya, etnis dan ras karena itu dapat terjadiproses akulturasi Untuk menangani peserta didik yang beragam tersebut guru perlu memilih strategi pembelajaran yang sesuai dengan beragam kebutuhan peserta didik, latar belakang rasial atau etnik dan memastikan kurikulum adil dan relevan secara kultural. Guru harus peka terhadap perbedaan budaya yang dapat mempengaruhi suasana pembelajaran dikelas. Beberapa karakteristik peserta didik yang perlu diidentifikasi berkaitan dengan kelas sosial, antara lain pekerjaan, penghasilan, kekuasaan politis, dan lain-lain. Beberapa contoh efek dari perbedaan kelas sosial yaitu, pengelompokan berdasarkan kelas sosial, ini cenderung akan mempengaruhi psikis peserta didik yang kelas sosialnya rendah sehingga dapat terjadi perbedaan prestasi antara kelas sosial tinggi dengan kelas sosial rendah.

Kemudian karakteristik siswa yang dapat diidentifikasi sebagai faktor yang amat berpengaruh terhadap proses dan hasil belajar adalah kecerdasan, kemampuan awal, gaya kognitif, gaya belajar, motivasi, dan faktor sosial-budaya. Informasi tentang tingkat perkembangan kecerdasan siswa amat diperlukan sebagai pijakan dalam memilih komponen-komponen pembelajaran, seperti tujuan pembelajaran, materi, media, strategi pembelajaran dan evaluasi [3]. Menurut Suparno dalam Budi (2011:168) [3], siswa yang berada pada tahap pemikiran operasional konkret sudah memiliki kecakapan berpikir logis, tetapi hanya melalui benda-benda konkret sehingga semua komponen pembelajaran perlu disesuaikan dengan kemampuan tersebut. Sebaliknya, mereka yang sudah berada pada tahap operasi formal sudah mampu berpikir abstrak dan logis dengan menggunakan pola berpikir “kemungkinan”. Mereka sudah dapat berpikir ilmiah, baik

deduktif maupun induktif, serta mampu menarik kesimpulan, menafsirkan dan mengembangkan hipotesis. Oleh sebab itu, komponen-komponen pembelajaran sudah dapat dirancang sedemikian rupa untuk diarahkan pada kemampuan tersebut.

Maka pada proses pembelajaran fisika akan membutuhkan suatu pemahaman konsep yang matang serta mudah dipahami agar para siswa dapat memecahkan suatu permasalahan dengan cepat dan baik dalam bidang fisika. Dengan diberinya pemahaman konsep maka materi yang diajarkan kepada para siswa tidak hanya sekedar hafalan saja melainkan lebih dari itu, seperti melakukan praktik. Adanya tujuan pembelajaran fisika ini guna meningkatkan kemampuan berfikir kritis dan luas para peserta didik. Dengan begitu para siswa tidak hanya mampu dan terampil dalam bidang psikomotorik dan kognitif, melainkan mampu menunjang juga cara berfikir sistematis, objektif dan kreatif.

Proses pembelajaran fisika yang tidak sesuai dengan hakikat pembelajaran fisika maka akan kurang bisa memberi kesempatan pada peserta didik untuk terlibat aktif dalam proses-proses ilmiah, keterampilan proses sains dan kurang melatih keterampilan *higher order thinking skills*. Sehingga proses pembelajaran fisika yang diberikan pada para siswa ini juga berguna dalam membangun suatu karakteristik pada diri siswa. Selain itu, proses pembelajaran fisika ini menghasilkan siswa dengan keterampilan dan cara berfikir *high order thinking skills*. Pada proses pembelajaran fisika juga terdapat beberapa metode pembelajaran yang menunjang serta sesuai dengan karakteristik para siswa. Maka para tenaga pendidik perlu mengetahui terlebih dahulu karakteristik para siswanya.

Proses pembelajaran penting bagi seorang guru untuk menggunakan berbagai model pembelajaran yang dapat membantu siswa untuk mengembangkan *belief* siswa tentang fisika dan pembelajaran fisika, karena *belief* ini berkaitan dengan berbagai aspek pembelajaran siswa termasuk pemahaman siswa terhadap konsep-konsep fisika [4]. Dalam penelitian yang dilakukan ini menghasilkan temuan penelitian yang menunjukkan bahwa *belief* siswa tentang fisika dan pembelajaran fisika merupakan aspek intrinsik siswa yang sulit untuk diubah. Meskipun demikian, jika dilihat dari setiap aspek *belief* para siswa yang diteliti ini, maka penggunaan model atau metode pembelajaran yang cocok dalam proses pembelajaran fisika ini adalah berbasis masalah sehingga diharapkan dapat membantu siswa meningkatkan *belief* mereka menjadi *beliefs* sebagai seorang ahli fisika (*expert-like belief*).

Selanjutnya menurut Diani [5], nilai-nilai pendidikan karakter dapat diintegrasikan kedalam proses pembelajaran, termasuk dalam pembelajaran fisika. Fisika menjelaskan berbagai gejala fisis fenomena yang terjadi di alam, baik secara teori maupun perhitungan. Hal ini mengindikasikan bahwa terdapat ruang-ruang dalam mata pelajaran fisika yang dapat dijadikan sebagai sarana dalam mengembangkan nilai-nilai pendidikan karakter pada diri siswa, asalkan pembelajaran di laksanakan dengan sebagaimana mestinya. Oleh karena itu bisa dikatakan bahwa pengertian fisika adalah salah satu ilmu pengetahuan alam dasar yang banyak digunakan sebagai dasar bagi ilmu-ilmu yang lain.

Pembelajaran fisika ini merupakan salah satu aspek pendidikan dengan menggunakan fisika sebagai alatnya. Pembelajaran fisika diarahkan untuk mencari tahu dan berbuat sehingga siswa dapat memperoleh pemahaman yang lebih mendalam dan bermakna. Diberikannya pembelajaran fisika ini juga dapat membentuk karakteristik para siswa, tidak hanya itu para siswa menjadi lebih *high order thinking skill*. Untuk memecahkan permasalahan pembelajaran yang demikian perlu dilakukan upaya antara lain berupa perbaikan strategi pembelajaran yaitu mengubah model pembelajaran yang dapat memfasilitasi terjadinya komunikasi antara siswa dengan siswa dan guru dengan siswa, sehingga mampu menumbuhkan kemampuan berpikir kreatif siswa [6].

Salah satu metode belajar yang diharapkan dapat mengaktifkan siswa yaitu metode pembelajaran *discovery Learning* yaitu pembelajaran yang menekankan pada siswa aktif dan bermakna meskipun kata “Siswa aktifnya” tidak terlalu ditonjolkan, tetapi prinsipnya tetap dipakai dengan menggunakan istilah lain seperti “Belajar mencari” atau *discovery Learning*. Metode pembelajaran berbasis penemuan atau *Discovery Learning* adalah metode mengajar yang mengatur pengajaran sedemikian rupa sehingga anak memperoleh pengetahuan yang sebelumnya belum diketahuinya tidak melalui pemberitahuan, namun ditemukan sendiri. Dalam pembelajaran *discovery* (penemuan), kegiatan atau pembelajaran yang dirancang sedemikian rupa, sehingga siswa dapat menemukan konsep-konsep dan prinsip-prinsip melalui proses mentalnya sendiri. Dalam menemukan konsep, siswa melakukan pengamatan, menggolongkan, membuat dan sebagainya untuk menemukan beberapa konsep atau prinsip [7].

Berkaitan dengan pembahasan diatas, berdasarkan hasil wawancara dengan salah satu guru mata pelajaran fisika di SMA Negeri 1 Kabupaten Bungo, menunjukkan bahwa dalam melaksanakan

pembelajaran guru menerapkan metode pembelajaran *Discovery Learning* dimana metode ini akan membuat siswa berperan lebih aktif pada saat mengikuti proses pembelajaran dan juga akan melatih kemampuan para siswa untuk memecahkan suatu permasalahan. Dengan digunakannya metode *Discovery Learning* ini maka karakteristik siswa baik dari segi kognitif, afektif, maupun psikomotorik akan lebih terlihat dari sebelumnya dan karakteristik pembelajaran fisika akan tercapai.

Adapun penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh metode pembelajaran *Discovery Learning* terhadap karakteristik siswa dan karakteristik pendidikan fisika di SMA Negeri 1 Kabupaten Bungo

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif deskriptif yang menghasilkan data analisis deskriptif. Dimana data analisis deskriptif ini berupa kata atau kalimat tertulis atau lisan dari subjek dan objek yang telah diteliti atau diamati. Metode penelitian kualitatif analisis deskriptif ini dipilih karena dapat menjelaskan masalah pada penelitian yang sedang dilakukan oleh para peneliti. Sehingga peneliti dapat menggambarkan sebuah kejadian atau peristiwa secara sistematis, faktual dan akurat terkait objek dan subjek yang sedang diteliti. Penelitian deskriptif adalah suatu bentuk penelitian yang ditujukan untuk mendeskripsikan fenomena-fenomena yang ada, baik fenomena alamiah maupun fenomena buatan manusia. Fenomena itu bisa berupa bentuk, aktivitas, karakteristik, perubahan, hubungan, kesamaan, dan perbedaan antara fenomena yang satu dengan fenomena lainnya [8]. Selanjutnya menurut Linarwati (2016:1) [9], penelitian deskriptif merupakan penelitian yang berusaha mendeskripsikan dan menginterpretasikan sesuatu, misalnya kondisi atau hubungan yang ada, pendapat yang berkembang, proses yang sedang berlangsung, akibat atau efek yang terjadi, atau tentang kecenderungan yang tengah berlangsung. Penelitian ini dilaksanakan di SMA Negeri 1 Kabupaten Bungo pada bulan agustus sampai September 2021.

Populasi dan Sampel

Menurut Sugiyono (2012:117) [10], populasi adalah wilayah generalisasi yang terdiri atas obyek/subyek yang mempunyai kualitas dan karakteristik tertentu yang diterapkan oleh penelitian untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya. Populasi dalam penelitian ini adalah guru mata pelajaran fisika di SMA Negeri 1 Kabupaten Bungo. Selanjutnya menurut Rusiadi, dkk. dalam Wahyuni (2019:273) [11], sampel adalah bagian dari jumlah karakteristik yang dimiliki oleh populasi tersebut. Maka dari itu sampel pada penelitian ini adalah seorang guru mata pelajaran fisika di SMA Negeri 1 kabupaten Bungo.

Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian adalah suatu alat yang digunakan untuk mengumpulkan data atau mengukur objek dari suatu variabel penelitian. Untuk mendapatkan data yang benar demi kesimpulan yang sesuai dengan keadaan sebenarnya, maka diperlukan suatu instrumen yang valid dan konsisten serta tepat dalam memberikan data hasil penelitian (reliabel) [12]. Pada penelitian ini, peneliti menggunakan instrument berupa wawancara yang digunakan untuk memperoleh informasi terkait penelitian yang dilakukan dan hasil observasi yang digunakan untuk melihat secara langsung objek yang akan diteliti.

Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan salah satu tahapan sangat penting dalam penelitian. Teknik pengumpulan data yang benar akan menghasilkan data yang memiliki kredibilitas tinggi, dan sebaliknya. Oleh karena itu, tahap ini tidak boleh salah dan harus dilakukan dengan cermat sesuai prosedur dan ciri-ciri penelitian kualitatif (sebagaimana telah dibahas pada materi sebelumnya). Penelitian ini menggunakan teknik pengumpulan data secara kualitatif dengan metode wawancara. Menurut Rahardjo (2011) [13], wawancara merupakan kegiatan untuk memperoleh informasi secara mendalam tentang sebuah isu atau tema yang diangkat dalam penelitian. Atau, merupakan proses pembuktian terhadap informasi atau keterangan yang telah diperoleh lewat teknik yang lain sebelumnya.

Analisis Data

Data hasil dari wawancara dianalisis secara deskriptif menggunakan model miles dan huberman. Menurut Sari (2013:5) [14], model miles and huberman yaitu model analisis interaktif yang meliputi: reduksi data, sajian data, dan penarikan kesimpulan serta verifikasinya. Sementara Model analisis interaktif dari Miles dan Huberman menurut Machmud dalam Moleong (2004:46-47) [15], secara teknik terdiri dari 4 (empat) hal utama, yaitu pengumpulan data, reduksi data atau penyederhanaan data, penyajian data dan penarikan kesimpulan atau verifikasi. Adapun analisisnya sebagai berikut:

- a. Pengumpulan Data.
Data yang diperoleh dari hasil wawancara, observasi dan dokumentasi dicatat dalam catatan lapangan yang terdiri dari dua bagian yaitu deskriptif dan refleksi.
- b. Reduksi data merupakan proses pemilihan, pemusatan perhatian, pengabstraksian dan pentranformasian data kasar dari lapangan, proses ini berlangsung selama penelitian dilakukan dari awal sampai akhir penelitian. Mereduksi data berarti merangkum, memilih hal-hal yang pokok, fokus dalam hal-hal yang penting, serta di cari tema dan polanya sesuai dengan data yang dibutuhkan peneliti. Reduksi data akan memberikan gambaran yang lebih jelas dan memudahkan peneliti untuk mencari dan mengumpulkan data selanjutnya. Kemudian peneliti akan memusatkan perhatian, menggolongkan dan mengorganisasi data sehingga bisa ditarik interpretasi.
- c. Penyajian Data
Penyajian data dalam penelitian kualitatif dapat dilakukan dalam bentuk tabel, grafik, pie chart, pictogram. Dalam penelitian ini data biasanya dilakukan dalam bentuk uraian singkat, kumpulan informasi yang tersusun dan memberi kemungkinan untuk menarik kesimpulan serta pengambilan tindakan, hal ini untuk memudahkan peneliti dalam mengembangkan data penelitian.
- d. Penarikan Kesimpulan
Penarikan kesimpulan dilakukan selama proses penelitian berlangsung seperti halnya proses reduksi data, setelah data terkumpul cukup memadai maka selanjutnya diambil kesimpulan sementara, dan setelah data benar-benar lengkap maka diambil kesimpulan akhir.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada wawancara yang dilakukan bersama guru mata pelajaran fisika di SMA Negeri 1 Kabupaten Bungo didapatkan hasil sebagai berikut:

No	Pertanyaan	Jawaban
1	Apa yang bapak/ibu ketahui mengenai karakteristik siswa ?	Karakteristik siswa merupakan sikap atau perilaku yang meliputi kecerdasan, bakat, kemampuan awal, motivasi, perhatian yang biasanya mulai terbentuk di lingkungan keluarga dan mengikuti hingga ke sekolah. Artinya jika karakter siswa di lingkungan keluarga terbentuk dengan baik maka akan dipastikan karakteri siswa di sekolah juga baik. Hal ini disebabkan oleh latar belakang pengalaman siswa yang akan berpengaruh terhadap keefektifan proses belajar
2	Apakah ada perubahan perkembangan kognitif, psikomotorik dan juga afektif siswa selama pembelajaran berlangsung ?	tentu saja terjadi perubahan karena semakin bertambah umur siswa maka karakternya akan semakin baik dan semakin matang. Dilihat dari perkembangan kognitif, jika siswa telah memahami materi yang terdapat di kelas X maka untuk ke tingkat yang lebih tinggi mereka akan semakin memahami. Begitu juga dengan perkembangan psikomotorik atau keterampilan siswa juga semakin bagus. Karena seiring bertambahnya umur mereka akan semakin dewasa dalam melakukan kegiatan-kegiatan. Pun perkembangan afektif, juga semakin bagus baik sikap social maupun spiritual. Dimana dalam sikap social mereka bertanggung jawab dalam mengerjakan tugas, disiplin, dan memiliki ketelitian yang tinggi dalam melakdanakan praktikum
3.	Apakah ada kesulitan atau kendala yang bapak/ibu alami dalam menghadapi karakter siswa selama proses pembelajaran berlangsung ?	didalam setiap kelas pasti ada satu atau dua anak yang memiliki karakter agak berbeda dengan yang lainnya, jika demikian maka kita sebagai guru harus melakukan pendekatan secara personal dengan anak agar pembelajaran dapat berlangsung dengan baik
4	Seperti apa karakteristik pembelajaran fisika di sekolah ?	dalam pembelajaran fisika kita membutuhkan proses dan prodak. Jika proses tidak berjalan dengan baik, maka prodak

		tidak berjalan dengan baik pula. Karakteristik banyak kita temui baik di karakteristik keterampilan, karena dengan adanya keterampilan siswa, maka produk yang dihasilkan akan semakin baik. Dengan adanya keterampilan dan sikap ketelitian siswa dalam praktikum nantinya maka siswa akan menjadi lebih baik lagi
5	agar siswa dapat memahami konsep secara mendalam, apakah ada model/metode pembelajaranyang bapak/ibu terapkan dalam mengajar?	model dan metode pembelajaran untuk mendapatkan hasil dan prodak yang baik, ada beberapa macam. Yang pertama Discovery Learning, bagaimana siswa menemukan konsep jadi yang lebih aktif itu siswa. Jika siswa tersebut telah menemukan konsep maka prodak akan mereka dapatkan. Kemudian yang kedua ada Project Based Learning, dimana siswa tersebut ditugaskan untuk membuat suatu proyek seperti membuat alat dimana alat tersebut nantinya akan dipresentasikan didepan kelas. kekurangan dalam menggunakan metode Discovery Learning yaitu kebanyakan siswa belum mampu dalam menemukan sebuah konsep jadi guru harus membimbing secara baik dan tidak bisa ilepaskan begitu saja. Begipun dengan Project Based Learning

Berdasarkan hasil wawancara dan observasi di SMAN 1 Kabupaten Bungo, didapatkan hasil bahwa karakteristik siswa merupakan sikap atau perilaku yang meliputi kecerdasan, bakat, kemampuan awal, motivasi, perhatian yang biasanya mulai terbentuk di lingkungan keluarga dan mengikuti hingga kesekolah. Artinya jika karakter siswa di lingkungan keluarga terbentuk dengan baik maka akan dipastikan karakteri siswa di sekolah juga baik. Hal ini disebabkan oleh latar belakang pengalaman siswa yang akan berpengaruh terhadap keefektifan proses belajar. Kemudian dapat dilihat dari hasil diatas bahwa perkembangan aspek kognitif, afektif, serta psikomotorik mengalami perkembangan yang cukup baik seiring dengan bertambahnya usia peserta didik. Dimana usia ini dapat berpengaruh sangat besar dalam menciptakan karakter yang matang. Perkembangan aspek-aspek tersebut dapat ditinjau dari pemahaman siswa yang semakin meningkat dalam memahami materi mulai dari materi yang ada dikelas X hingga materi yang ada dikelas XII. Tidak hanya dapat ditinjau dari segi pemahaman siswa saja, perkembangan aspek-aspek ini juga dapat ditinjau dari segi keterampilan, sosial, serta spiritual. Dimana dalam sikap social mereka bertanggung jawab dalam mengerjakan tugas, disiplin, dan memiliki ketelitian yang tinggi dalam melaksanakan praktikum. didalam setiap kelas pasti ada satu atau dua anak yang memiliki karakter agak berbeda dengan yang lainnya, jika demikian maka kita sebagai guru harus melakukan pendekatan secara personal dengan anak agar pembelajaran dapat berlangsung dengan baik.

Karakteristik yang dimiliki oleh para siswa ini berkaitan dengan 6 aspek. Pertama aspek fisik yang dapat dilihat dari pertumbuhan fisik dimana nantinya akan mempengaruhi kemampuan psikomotorik siswa. Kedua aspek intelektual dimana aspek ini dapat diamati dari perkembangan kognitif siswa yang lebih efisien dari sebelumnya. Ketiga adalah aspek sosial-emosional dimana aspek ini akan mempengaruhi kematangan emosional siswa yang terbentuk dari lingkungan social mereka. Keempat merupakan aspek moral yang dapat diamati dari hasil pencapaian tahapan berfikir operasional formal dan kemampuan berfikir abstrak. Kelima ada aspek sosial-budaya dimana aspek ini dapat diamati dari kelas social atau strata social siswa tersebut. Terakhir aspek spiritual yang dapat dilihat dari kesadaran tentang diri dan individu yang berkaitan dengan kepercayaan yang dinyatakan.

Karakteristik yang berkaitan dengan 6 aspek ini wajib sekali bagi tenaga pendidik untuk mengetahui dan memahaminya. Dengan memahami 6 aspek yang dimiliki oleh setiap siswa ini maka akan dengan mudah menerapkan dan menetapkan model atau metode pembelajaran dalam lingkungan belajarnya. Selain itu, juga akan mempermudah dan memperlancar proses belajar mengajar antara tenaga pendidik dan siswanya. Sehingga materi-materi yang telah diberikan tenaga pendidik kepada para siswa akan denga mudah dipahami dan diterima. Tidak hanya itu, antara tenaga pendidik dan siswa akan terbangun *chemistry* yang membuat para siswa menjadi tertarik dengan kajian atau materi yang diberikan.

Selanjutnya kita juga mengetahui bahwa karakteristik pembelajaran fisika di SMAN. 1 Bungo dalam pembelajaran fisika kita membutuhkan proses dan prodak. Jika proses tidak berjalan dengan baik, maka

prodak tidak berjalan dengan baik pula. Karakteristik banyak kita temui baik di karakteristik keterampilan, karena dengan adanya keterampilan siswa, maka produk yang dihasilkan akan semakin baik. Dengan adanya keterampilan dan sikap ketelitian siswa dalam praktikum nantinya maka siswa akan menjadi lebih baik lagi. Karakteristik pembelajaran fisika ini antara lain merupakan ilmu yang berhakikat pada proses dan produk, artinya dalam belajar fisika tidak cukup hanya mempelajari produknya saja melainkan juga menguasai cara memperoleh produk tersebut dan juga produk fisika cenderung bersifat abstrak dan dalam bentuk pengetahuan fisik dan logika matematika. Dalam hal ini berarti fisika tidak hanya berisi tentang teori-teori atau rumus-rumus untuk dihafal, akan tetapi dalam fisika berisi banyak konsep yang harus dipahami secara mendalam.

Semua perkembangan yang terjadi tersebut merupakan hasil dari penerapan metode pembelajaran *Discovery Learning* yang diterapkan dalam proses pembelajaran oleh guru mata pelajaran fisika sehingga peserta didik dapat memahami materi dengan baik dan penyampaian materi ini bisa menyebar keseluruh peserta didik artinya tidak terfokus hanya kepada beberapa peserta didik. Kegiatan pembelajaran yang dilaksanakan ini tidak hanya harus fokus kepada guru saja, melainkan siswa harus terlibat aktif juga dalam proses pembelajaran. Sehingga pembelajaran harus melibatkan kemampuan yang dimiliki para siswa secara maksimal mungkin guna menggali dan mengidentifikasi informasi, dengan begitu para siswa dapat menemukan pengetahuan dengan sendirinya. Metode pembelajaran seperti ini disebut dengan pembelajaran penemuan (*Discovery Learning*). *Discovery Learning* adalah proses pembelajaran yang terjadi apabila materi pembelajaran tidak disajikan dalam bentuk finalnya, tetapi diharapkan peserta didik itu sendiri yang mengorganisasi sendiri. Guru hanya mendorong siswa untuk menyelesaikan masalah-masalah mereka sendiri daripada mengajari mereka dengan jawaban-jawaban guru. Penggunaan model *discovery learning* ingin merubah pembelajaran yang *teacher oriented* ke *student oriented* [16]. *Discovery Learning* merupakan strategi proses pembelajaran dengan memfokuskan para siswa untuk melakukan observasi, eksperimen atau tindakan ilmiah hingga mendapatkan kesimpulan dari hasil tindakan ilmiah tersebut.

Metode pembelajaran *Discovery Learning* ini mengajak dan menuntun siswa untuk mencari tahu atau menemukan sendiri apa yang dipelajari lalu dikonstruksikan pengetahuan itu dengan memahami maknanya. Metode ini guru atau tenaga pendidik hanya sebagai fasilitator. Ciri utama metode pembelajaran *Discovery Learning*, yaitu pertama mengeksplorasi dan memecahkan masalah untuk menciptakan, menggabungkan dan menggeneralisasi pengetahuan. Kedua metode ini lebih memusatkan pada fokus siswa. Ketiga kegiatan dari metode ini menghubungkan pengetahuan baru dengan pengetahuan yang sudah ada.

Kristin (2016:94)[17] menjelaskan bahwa *Discovery Learning* sangat bermanfaat dalam peningkatan potensi intelektual siswa, perpindahan dari pemberian *reward*. Model pembelajaran *Discovery Learning* lebih menekankan pentingnya pemahaman suatu konsep melalui keterlibatan siswa secara aktif dalam proses pembelajaran. Sehingga metode pembelajaran ini akan lebih menekankan pada pembentukan pengetahuan siswa dari pengalamannya selama proses pembelajaran berlangsung. Penerapan metode pembelajaran *Discovery Learning* diharapkan dapat membangkitkan motivasi belajar para siswa sehingga prestasi belajar siswa menjadi lebih meningkat.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pembahasan diatas maka metode pembelajaran *Discovery Learning* sangat cocok jika diterapkan dalam proses pembelajaran sebab dapat meningkatkan prestasi belajar peserta didik dan dapat meningkatkan aspek kognitif, afektif, serta psikomotorik mengalami perkembangan yang cukup baik seiring dengan bertambahnya usia peserta didik. Dengan begitu, metode pembelajaran ini dapat dijadikan alternatif bagi para guru atau tenaga pendidik.

Saran bagi guru atau tenaga pendidik hendaknya dalam melaksanakan kegiatan pembelajaran harus disesuaikan dengan karakteristik siswa, materi pelajaran, karakteristik lingkungan dan sarana prasarana yang mendukung. Sehingga proses pembelajaran dapat terlaksana dengan baik dan lancar, sertaprestasi dan hasil belajar siswa meningkat. Semoga dengan adanya penulisan ini, para pembaca bisa lebih mengetahui tentang karakteristik siswa, karakteristik pembelajaran fisika dan tujuan pembelajaran fisika. Terlebih khusus lagi kepada mereka calon guru, semoga bisa menjadi bahan pelajaran yang baik, dan semoga bisa diterapkan nanti ketika kita sudah bekerja menjadi seorang guru.

DAFTAR PUSTAKA

1. Meriyati. 2015. *Memahami Karakteristik Anak Didik*. Lampung : IAIN Raden Intan Lampung.
2. Situmorang, Rosmawati. 2018. *Modul Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan Matematika Teknik SMK*. Jakarta : Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
3. Budiningsih, C. A. 2015. Karakteristik siswa sebagai pijakan dalam penelitian dan metode pembelajaran. *Jurnal Cakrawala Pendidikan*, 1(1).
4. Tanti, T., Jamaluddin, J., & Syefrinando, B. 2017. Pengaruh Pembelajaran Berbasis Masalah terhadap Beliefs Siswa tentang Fisika dan Pembelajaran Fisika. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*, 6(1), 23.
5. Diani, R. 2015. Pengembangan perangkat pembelajaran fisika berbasis pendidikan karakter dengan model problem based instruction. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*, 4(2), 243-255.
6. Rohim, F., & Susanto, H. 201). Penerapan model discovery terbimbing pada pembelajaran fisika untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif. *UPEJ Unnes Physics Education Journal*, 1(1).
7. Sukardi, I., Wigati, I., & Masripah, I. 2015. Pengaruh metode pembelajaran discovery learning terhadap hasil belajar siswa pada mata pelajaran biologi Kelas VII di MTs Patra Mandiri Plaju Palembang. *Bioilmi*, 1(1), 22-29.
8. Sukmadinata, 2006. *Metode Penelitian Kualitatif*. Bandung : Graha Aksara
9. Linarwati, M., Fathoni, A., & Minarsih, M. M. 2016. Studi deskriptif pelatihan dan pengembangan sumberdaya manusia serta penggunaan metode behavioral event interview dalam merekrut karyawan baru di bank mega cabang kodus. *Journal of Management*, 2(2).
10. Sugiyono. 2007. *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung: Alfabeta
11. Wakhyuni, E. 2019. Analisis Kemampuan, Komunikasi dan Konflik Kerja Terhadap Kepuasan Kerja Pada PT. Mitha Sarana Niaga. *Jumant*, 11(1), 271-278.
12. Yusup, F. 2018. Uji validitas dan reliabilitas instrumen penelitian kuantitatif. *Tarbiyah: Jurnal Ilmiah Kependidikan*, 7(1).
13. Rahardjo, M. 2011. *Metode pengumpulan data penelitian kualitatif*. Malang : UIN Maliki Malang.
14. Sari, D. M., Surantoro, S., & Ekawati, E. Y. 2013. Analisis kesalahan dalam menyelesaikan soal materi termodinamika pada siswa SMA. *Jurnal Materi dan Pembelajaran Fisika*, 3(1).
15. Moleong, L. J., & Edisi, P. R. R. B. 2004. *Metodelogi penelitian*. Bandung: Penerbit Remaja Rosdakarya.
16. Kadri, Muhammad, dkk. 2015. Pengaruh Model Pembelajaran Discovery Learning terhadap Hasil Belajar Siswa pada Materi Pokok Suhudan Kalor. *Jurnal Ikatan Alumni Fisika Universitas Negeri Medan* 1(1), Oktober2015 ISSN: 2461.1247.
17. Kristin, Fisosalia. 2016. Analisis Model Pembelajaran Discovery Learning dalam Meningkatkan Hasil Belajar Siswa SD. *Jurnal Pendidikan Dasar PerKhasa* ,2(1)

IDENTIFIKASI MISKONSEPSI SISWA PADA MATERI GAYA DI KELAS VIII SMP

Jeni P. Nenoliu, R.N. K Mellu, dan D.Langtang

Program Studi Pendidikan Fisika, Sekolah Tinggi Keguruan dan Ilmu Pendidikan Soe, Jln. Karang Siri, Timor Tengah Selatan, 85519, Indonesia.

E-mail: Jenipalandry@gmail.com, ruthmellu87@gmail.com, yatilangtang02@gmail.com

Abstrak

Miskonsepsi merupakan suatu konsep yang tidak sesuai dengan konsep yang diakui oleh para ahli, sehingga perlu diperbaiki dan diidentifikasi. Tujuan penelitian ini yaitu mengidentifikasi miskonsepsi siswa pada materi gaya di kelas VIII SMP. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa SMP Sekabupaten Timor Tengah Selatan, sedangkan sampel penelitian adalah siswa kelas VIII SMP Negeri 2 Soe, SMP Kristen 2 Soe dan SMP Kristen 1 Soe pada materi gaya. Metode penelitian yang digunakan adalah kuantitatif dengan metode penelitian jenis survey. Metode survey adalah penelitian yang dilakukan dengan menggunakan soal sebagai alat penelitian yang dilakukan pada populasi besar maupun kecil, tetapi data yang dipelajari adalah data dari sampel yang diambil dari populasi tersebut, sehingga ditemukan kejadian relatif dan distribusi. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini berupa instrumen tes soal diagnostik berupa multiple choice three tier test dengan alasan yang sudah ditentukan. Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah editing, coding, tabulasi. Teknik analisis data menggunakan deskriptif kualitatif dengan analisis CRI. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase miskonsepsi siswa pada materi gaya yang paling tinggi di SMP N 2 Soe dengan persentase 30%, dibandingkan dengan SMP Kristen 2 Soe dan SMP Kristen 1 Soe dan siswa yang paling banyak paham konsep gaya ada di SMP Kristen 1 Soe dengan persentase 59% dibandingkan dengan SMP Kristen 2 Soe dan SMP N 2 Soe. Hasil identifikasi miskonsepsi siswa pada materi gaya yaitu resultan gaya, arah gaya, gaya tak sentuh dan gaya sentuh, gaya berat, gaya normal pada bidang miring, pengaruh gaya.

Kata kunci: tes diagnostik, gaya, miskonsepsi.

Abstract

The misconception is a concept that is not following the concept recognized by experts, so it needs to be corrected and identified. The purpose of this study is to identify students' misconceptions about style material in class VIII SMP. The population in this study were all students of SMP Sekabupaten Timor Tengah Selatan, while the research samples were class VIII students of SMP Negeri 2 Soe, SMP Kristen 2 Soe, and SMP Kristen 1 Soe on style. The research method used is quantitative with a survey type research method. The survey method is research conducted using questions as a research tool carried out on large and small populations, but the data studied are data from samples taken from that population, so that relative incidence and distribution are found. The instrument used in this study was a diagnostic test instrument in the form of a multiple-choice three-tier test with predetermined reasons. Data collection techniques used are editing, coding, tabulate. The data analysis technique used descriptive qualitative with CRI analysis. The results showed that the percentage of students' misconceptions about style was the highest at SMP N 2 Soe with a percentage of 30%, compared to SMP Kristen 2 Soe and SMP Kristen 1 Soe and the students who understood the concept the most style were at SMP Kristen 1 Soe with a percentage of 59% compared to SMP Kristen 2 Soe and SMP N 2 Soe. The results of the identification of students' misconceptions on the force material are the resultant force, the direction of the force, the non-touch force and the touch force, the gravity, the normal force on an inclined plane, the influence of the force.

Keywords: diagnostic tests, style, misconceptions.

PENDAHULUAN

Fisika adalah ilmu pengetahuan yang mendasar dan berhubungan dengan perilaku manusia maupun struktur benda. Fisika juga merupakan ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang alam dan teknologi dalam kehidupan sehari-hari. Tujuan utama fisika adalah untuk mencari keteraturan dalam pengamatan manusia pada alam sekitarnya dan dalam kehidupan sehari-hari [1]. Fisika menjadi salah satu mata pelajaran yang diajarkan pada setiap jenjang pendidikan di Indonesia mulai dari Sekolah Menengah

Pertama (SMP) sampai Sekolah Menengah Atas (SMA). Pada tingkat SMP, fisika diajarkan dengan tujuan menumbuhkan kemampuan berpikir yang berguna untuk memecahkan masalah dalam kehidupan sehari-hari. Banyak siswa yang menganggap pelajaran fisika merupakan pelajaran yang sangat sulit untuk dipahami, mengingat bahwa pelajaran fisika memiliki banyak teori-teori serta perhitungan sehingga hanya sebagian kecil siswa saja yang menyukai pelajaran fisika, sedangkan siswa yang lainnya tidak termotivasi untuk mengikuti pelajaran fisika [2]. Hal inilah yang mengakibatkan siswa sering mengalami salah konsep atau miskonsepsi.

Miskonsepsi adalah suatu konsep yang tidak sesuai dengan konsep yang diakui oleh para ahli. Miskonsepsi juga dapat diartikan sebagai konsep alternatif, karena dengan istilah itu menunjukkan keaktifan dan peran siswa dalam mengonstruksi pengetahuan yang dimiliki siswa tersebut [3]. Menurut Lestari, *et al* [4] ada beberapa penyebab munculnya miskonsepsi diantaranya yaitu penyebab dari siswa, guru, buku teks dan metode mengajar. Penyebab miskonsepsi yang berasal dari siswa dikarenakan siswa memiliki prakonsepsi awal, kemampuan, tahap perkembangan, minat dan cara berpikir yang mungkin tidak sesuai dengan konsep sebelumnya [4]. Miskonsepsi yang berasal dari guru dikarenakan ketidakmampuan guru memahami konsep, kurangnya penguasaan bahan, cara mengajar yang tidak tepat dan sikap guru yang kurang berelasi dengan siswa. Selain itu, penyebab miskonsepsi lain adalah buku teks dikarenakan kesalahan penulisan dan menggunakan bahasa yang sulit di pahami oleh siswa, sedangkan penyebab miskonsepsi yang berasal dari metode mengajar dikarenakan guru masih menggunakan metode ceramah. Hal-hal inilah yang menyebabkan sering timbulnya miskonsepsi [5].

Hasil penelitian Wulandari, *et al* [1] menyatakan bahwa miskonsepsi pada siswa yang muncul secara terus menerus dapat mengganggu pembentukan konsepsi ilmiah atau konsepsi yang keliru [1]. Hal ini disebabkan karena siswa memiliki prakonsepsi awal yang menunjukkan bahwa pikiran anak sejak lahir tidak diam, tetapi terus aktif untuk memahami sesuatu [5]. Penelitian Lestari, *et al* [4], Dian [6], dan Fitriani [1] yang menunjukkan bahwa miskonsepsi yang dialami siswa dikarenakan dalam pembelajaran guru masih menggunakan metode ceramah atau dalam pembelajaran guru banyak berbicara dan menulis di papan tulis guru jarang membuat eksperimen, guru jarang menyuruh siswa mengungkapkan konsep siswa dan guru jarang memberikan contoh dalam kehidupan sehari-hari [1][6]. Oleh karena itu, miskonsepsi yang dialami siswa sebaiknya diidentifikasi dan diperbaiki sehingga mengurangi miskonsepsi yang dimiliki siswa.

Berdasarkan hasil penelitian Missa., *et al* [7] di SMP N Oenino, kabupaten TTS diperoleh bahwa dengan menggunakan instrumen tes diagnostik multiple choice three teir test dengan alasan yang sudah ditentukan, dapat mengidentifikasi miskonsepsi siswa kelas VIII SMP Negeri Oenino pada materi gaya. Miskonsepsi yang dialami siswa diantaranya siswa tidak dapat membedakan gaya yang terjadi karena adanya sentuhan dan tidak adanya sentuhan, membedakan arah gaya gesek, dan siswa sulit menentukan arah gaya normal pada bidang sentuh [7]. Oleh karena itu, peneliti tertarik untuk menggunakan instrumen tes diagnostik *multiple choice three teir test* yang telah dikembangkan oleh Missa, *et al* [7] untuk mengidentifikasi miskonsepsi di beberapa sekolah yang ada di Kabupaten Timor Tengah Selatan.

METODE

Penelitian itu bertujuan untuk mengidentifikasi miskonsepsi yang dialami siswa pada materi gaya di kelas VIII SMP dengan menggunakan tes diagnostik berupa *Multiple Choice three teir test* dengan alasan yang sudah ditentukan yang sudah dikembangkan oleh Missa., *et al* [7]. Metode penelitian yang dipakai dalam penelitian kuantitatif dengan metode jenis survey [8]. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa SMP Sekabupaten Timor Tengah Selatan sedangkan sampel dalam penelitian ini siswa kelas VIII SMP Kristen 2 Soe, SMP N 2 Soe, dan SMP Kristen 1 Soe. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini berupa instrumen tes soal diagnostik berupa *multiple choice three teir test* dengan alasan yang sudah ditentukan Teknik pengumpulan data yang digunakan:

1. *Editing*

Langkah awal yang dilakukan penelitian adalah melihat kembali instrumen tes diagnostik *Multiple choice three teir test* yang sudah dikembangkan oleh Missa, *et al* [7] untuk direvisi jika ada perbaikan. Instrumen tes diagnostik *Multiple choice three teir test* yang telah direvisi diuji cobakan pada sampel penelitian.

2. *Coding*

Langkah kedua peneliti melakukan pemeriksaan terhadap hasil uji coba instrumen tes diagnostik *Multiple choice three teir test*, kemudian peneliti melakukan menganalisis miskonsepsi menggunakan CRI.

3. Tabulase

Langkah ketiga peneliti melakukan pengelompokan untuk menentukan berapa persen (%) responden yang mengalami miskonsepsi.

Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif kualitatif, dimana data yang dianalisis hanya mendeskripsikan atau menggambarkan miskonsepsi-miskonsepsi yang dialami oleh siswa. Analisis miskonsepsi menggunakan analisis *Certainty Of Response Index* (CRI). *Certainty Of Response Index* (CRI) digunakan untuk menggambarkan derajat keyakinan responden terhadap kebenaran pilihan jawaban yang diberikan pada setiap item soal [9]. Adapun kriteria CRI ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. CRI dan Kriterianya

RI	Kriteria
0	(Totally guessed answer): jika menjawab soal 100% ditebak
1	(Almost guess) jika menjawab soal persentase unsur tebakan antara 75%-99%
2	(Not sure) jika menjawab soal persentase unsur tebakan antara 50%-74%
3	(Sure) jika menjawab soal persentase unsur tebakan antara 25%-49%
4	(Almost certain) jika menjawab soal persentase unsur tebakan antara 1%-24%
5	(Certain) jika menjawab soal tidak ada unsur tebakan sama sekali (0%)

Pengkategorian tingkatan pemahaman yakni Paham Konsep (PK), Paham Konsep tetapi Kurang Yakin (PPKY), Tidak Tahu Konsep (TTK) dan Miskonsepsi (M) untuk responden dapat dilakukan dengan didasarkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengkategorian Tingkatan Pemahaman.

Jawaban	Alasan	Nilai CRI	Deskripsi	Kode
Benar	Benar	>2,5	Memahami Konsep dengan baik	PK
Benar	Benar	<2,5	Memahami Konsep tetapi kurang yakin	PPKY
Benar	Salah	>2,5	Miskonsepsi	M
Benar	Salah	<2,5	Tidak tahu konsep	TTK
Salah	Benar	>2,5	Miskonsepsi	M
Salah	Benar	<2,5	Tidak tahu konsep	TTK
Salah	Salah	>2,5	Miskonsepsi	M
Salah	Salah	<2,5	Tidak tahu konsep	TTK

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian yang telah dilakukan di SMP Negeri 2 Soe, SMP Kristen 1 Soe dan SMP Kristen 2 Soe pada kelas VIII yang masing-masing terdiri dari 20 siswa. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengidentifikasi miskonsepsi siswa dengan menggunakan tes instrumen diagnostik berupa *multiple choice* dengan alasan yang sudah ditentukan sebanyak 17 butir soal yang sudah dikembangkan oleh Missa., *et al* [7]. Soal Sebanyak 17 butir yang terdiri dari ranah kognitif C₁-C₄. Adapun hasil analisis soal untuk SMP N 2 Soe ditunjukkan pada Tabel 3, untuk SMP Kristen 1 Soe ditunjukkan pada Tabel 4, dan SMP Kristen 2 ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 3. Analisis Soal untuk mengidentifikasi Miskonsepsi siswa SMP N 2 Soe Kelas VIII pada materi Gaya

No	Nomor Soal	Indikator Soal	Tingkat Pemahaman Siswa				Jumlah Miskonsepsi
			C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	
1	1	Menentukan resultan gaya			√		6
2	2	Menganalisis konversi satuan gaya				√	7
3	3	Menjelaskan definisi gaya sentuh		√			3
4	4	Menjelaskan definisi gaya tak sentuh		√			14
5	5	Menyebutkan contoh gaya sentuh	√				5
6	6	Menyebutkan contoh dari gaya listrik	√				9
7	7	Menjelaskan konsep gaya pegas		√			1
8	8	Menyebutkan contoh gaya otot	√				1
9	9	Menentukan perubahan yang ditimbulkan gaya			√		3
10	10	Mencontohkan perubahan bentuk benda		√			4
11	11	Menjelaskan konsep gaya gesek.	√				9
12	12	Menjelaskan arah gaya gesek		√			4
13	13	Menganalisis pengaruh gaya				√	4
14	14	Menganalisis massa Nelson di bumi				√	12
15	15	Menganalisis gaya berat				√	10
16	16	Menentukan arah gaya normal				√	3
17	17	Menentukan arah gaya normal pada bidang Miring			√		4

Berdasarkan Tabel 3 maka diperoleh bahwa pada soal nomor 4 yaitu menjelaskan definisi gaya tak sentuh ada 14 siswa yang mengalami miskonsepsi artinya bahwa siswa belum memahami dengan baik tentang gaya tak sentuh. Namun pada soal nomor 7 dan 8 hanya ada 1 siswa yang tidak dapat menjelaskan konsep gaya gesek serta menyebutkan contoh gaya otot dalam kehidupan sehari-hari.

Jumlah siswa di SMP Kristen 1 Soe yang mengalami miskonsepsi berdasarkan Tabel 4 untuk soal nomor 6 tentang menyebutkan contoh gaya listrik dalam kehidupan sehari-hari sebanyak 13 siswa. Hal ini berarti, siswa belum sepenuhnya memahami konsep gaya listrik sehingga sulit menyebutkan contoh dalam kehidupan sehari-hari. Sebaliknya pada soal nomor 3, 8 dan 9 hanya ada 1 siswa yang mengalami miskonsepsi karena tidak dapat menjelaskan definisi gaya sentuh, gaya otot, dan perubahan yang ditimbulkan oleh gaya.

Berdasarkan Tabel 5 maka diperoleh bahwa pada SMP Kristen 2 Soe terdapat 14 siswa yang mengalami miskonsepsi pada soal nomor 3 dan 4 untuk menjelaskan definisi gaya sentuh maupun gaya tak sentuh. Namun, pada soal nomor 5, 7, dan 8 tidak ada siswa yang mengalami miskonsepsi, hal ini berarti siswa dapat menjelaskan konsep gaya pegas dan menyebutkan contoh gaya sentuh serta gaya otot.

Tabel 4. Analisis Soal untuk mengidentifikasi Miskonsepsi siswa SMP Kristen 1 Soe Kelas VIII pada materi Gaya

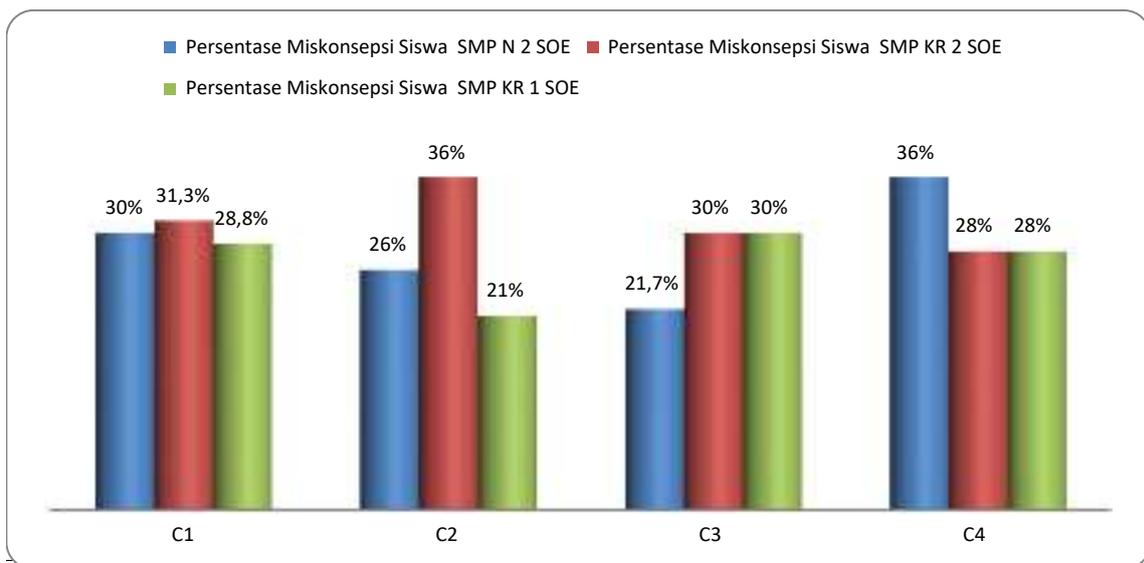
No	Nomor Soal	Indikator Soal	Tingkat Pemahaman Siswa				Jumlah Miskonsepsi
			C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	
1	1	Menentukan resultan gaya			√		10
2	2	Menganalisis konversi satuan gaya				√	8
3	3	Menjelaskan definisi gaya sentuh		√			1
4	4	Menjelaskan definisi gaya tak sentuh		√			10
5	5	Menyebutkan contoh gaya sentuh	√				2
6	6	Menyebutkan contoh dari gaya listrik	√				13
7	7	Menjelaskan konsep gaya pegas		√			4
8	8	Menyebutkan contoh gaya otot	√				1
9	9	Menentukan perubahan yang ditimbulkan gaya			√		1
10	10	Mencontohkan perubahan bentuk benda		√			4
11	11	Menjelaskan konsep gaya gesek.	√				7
12	12	Menjelaskan arah gaya gesek		√			2
13	13	Menganalisis pengaruh gaya				√	6
14	14	Menganalisis massa nelson di bumi				√	6
15	15	Menganalisis gaya berat				√	5
16	16	Menentukan arah gaya normal				√	3
17	17	Menentukan arah gaya normal pada bidang Miring			√		4

Tabel 5. Analisis Soal untuk mengidentifikasi Miskonsepsi siswa SMP Kristen 2 Soe Kelas VIII pada materi Gaya

No	Nomor Soal	Indikator Soal	Tingkat Pemahaman Siswa				Jumlah Miskonsepsi
			C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	
1	1	Menentukan resultan gaya			√		3
2	2	Menganalisis konversi satuan gaya				√	7
3	3	Menjelaskan definisi gaya sentuh		√			14
4	4	Menjelaskan definisi gaya tak sentuh		√			14
5	5	Menyebutkan contoh gaya sentuh	√				0
6	6	Menyebutkan contoh dari gaya listrik	√				12
7	7	Menjelaskan konsep gaya pegas		√			0

No	Nomor Soal	Indikator Soal	Tingkat Pemahaman Siswa				Jumlah Miskonsepsi
			C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	
8	8	Menyebutkan contoh gaya otot	√				0
9	9	Menentukan perubahan yang ditimbulkan gaya			√		3
10	10	Mencontohkan perubahan bentuk benda		√			2
11	11	Menjelaskan konsep gaya gesek.	√				13
12	12	Menjelaskan arah gaya gesek		√			6
13	13	Menganalisis pengaruh gaya				√	7
14	14	Menganalisis massa nelson di bumi				√	6
15	15	Menganalisis gaya berat				√	5
16	16	Menentukan arah gaya normal				√	3
17	17	Menentukan arah gaya normal pada bidang Miring			√		7

Hasil identifikasi dapat dikelompokkan tingkat pengetahuan berdasarkan kategori ranah kognitif C₁-C₄. Persentase miskonsepsi siswa setiap kategori untuk SMP N 2 Soe, SMP Kr 2 Soe, dan SMP Kr 1 Soe dapat ditunjukkan pada Gambar 1.



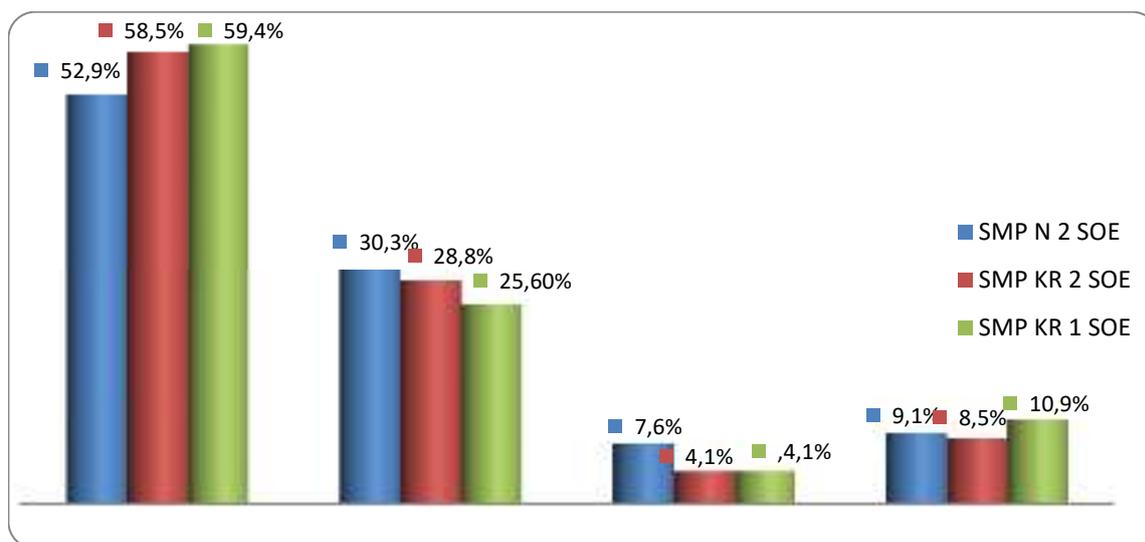
Gambar 1. Diagram persentase miskonsepsi siswa

Berdasarkan hasil analisis data pada Gambar 1 dimensi pengetahuan (C₁) SMP Kristen 2 Soe siswa yang mengalami miskonsepsi lebih tinggi sebanyak 31%, dibandingkan SMP N 2 Soe dan SMP Kristen 1

Soe. Hal ini karena siswa masih mengalami miskonsepsi yaitu siswa tidak dapat membedakan gaya yang terjadi karena adanya sentuhan dan gaya yang terjadi tidak adanya sentuhan, siswa tidak dapat membedakan gaya yang dapat menghasilkan muatan-muatan listrik dan gaya tidak dapat menghasilkan muatan-muatan listrik, siswa tidak dapat membedakan gaya yang membutuhkan otot tubuh dan gaya yang tidak membutuhkan otot tubuh dan siswa tidak dapat membedakan sifat gaya gesek yang bersifat menghambat dan mempercepat gerak benda.

Pada dimensi pemahaman (C_2) siswa yang mengalami miskonsepsi tertinggi SMP Kristen 2 Soe sebanyak 36% dibandingkan dengan SMP Kristen 1 Soe dan SMP N 2 Soe, karena siswa tidak mampu defenisi gaya sentuh siswa sulit untuk membedakan gaya yang terjadi karena adanya kontak langsung dengan tidak ada kontak langsung, siswa sulit membedakan sifat elastisitas suatu benda, siswa sulit membedakan perubahan yaang terjadi karena adanya gaya, siswa sulit membedakan arah gaya gesek dengan arah gerak pada benda diam.

Pada dimensi menerapkan (C_3) siswa SMP Kristen 2 Soe dan SMP Kristen 1 Soe mengalami miskonsepsi paling tinggi sebanyak 30% dari pada SMP N 2 Soe karena siswa masih sulit untuk menentukan resultan gaya dan siswa tidak dapat membedakan gaya yang besarnya sama dengan arah yang berlawanan, siswa sulit membedakan pengaruh yang ditimbulkan gaya, siswa sulit menentukan arah gaya normal pada bidang datar. Pada dimensi menganalisis (C_4) siswa di SMP N 2 Soe paling banyak mengalami miskonsepsi sebanyak 36% di bandingkan SMP Kristen 2 Soe dan SMP Kristen 1 Soe, karena siswa sulit untuk menganalisis konversi satuan gaya, siswa sulit membedakan pengaruh kasar halusnya permukaan yang bergesekan, siswa sulit menentukan gaya berat. Pengelompokan persentase tingkat pemahaman siswa ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram persentase pengelompokan

Berdasarkan Gambar 2 maka diperoleh SMP Kristen 1 Soe memiliki tingkat pemahaman konsep lebih baik dibandingkan dengan SMP yang lain karena konsep awal siswa yang kurang baik sehingga pemahaman konsep siswa menurun, sedangkan siswa yang paling banyak mengalami miskonsepsi paling tinggi pada materi gaya di SMP N 2 Soe karena siswa yang kurang paham dengan konsep yang diajarkan oleh guru. Untuk siswa yang paham konsep tapi kurang yakin dengan jawaban di SMP N 2 Soe karena intuisi siswa yang salah atau perasaan sehingga siswa paham akan konsep tapi kurang yakin dengan jawabannya dan yang tidak tahu konsep yang paling tinggi di SMP Kristen 1 Soe karena minat belajar fisika yang kurang sehingga siswa tidak tahu konsep. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Septiyani menunjukkan bahwa instrumen tes diagnostik *multiple choice four teir digital test* berbasis *website* pada konsep suhu dan kalor dapat mengidentifikasi miskonsepsi siswa [10]. Setyawan [11] bahwa persentase pengelompokan miskonsepsi siswa dapat diidentifikasi dalam pembelajaran fisika khususnya materi penjumlahan vektor [11]. Penelitian Rohmatin [12], menyatakan bahwa pengembangan instrumen

three tier test berbasis representasi grafik untuk mengetahui miskonsepsi siswa pada materi gerak lurus dapat diidentifikasi [12].

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis data identifikasi miskonsepsi siswa menggunakan instrumen tes diagnostik *Multiple choice three tier test* dapat disimpulkan bahwa pada ranah kognitif C_1 yang mengalami miskonsepsi terbesar dialami oleh siswa di SMP Kr 2 Soe sebesar 31%, pada ranah kognitif C_2 yang mengalami miskonsepsi terbesar dialami oleh siswa SMP Kr 2 Soe yaitu sebesar 36%, ranah kognitif C_3 yang mengalami miskonsepsi terbesar yang dialami oleh siswa SMP Kr 2 Soe dan SMP Kr 1 Soe sebesar 30% dan ranah kognitif C_4 yang mengalami miskonsepsi terbesar dialami oleh siswa SMP Negeri 2 Soe sebesar 36%. Dari hasil tersebut ditemukan bahwa yang mengalami miskonsepsi pada materi gaya yang paling tinggi di SMP Negeri 2 Soe sebesar 36%. Hasil identifikasi miskonsepsi siswa pada materi gaya yaitu resultan gaya, arah gaya, gaya tak sentuh dan gaya sentuh, gaya berat, gaya normal, gaya normal pada bidang miring dan pengaruh gaya. Peneliti berharap ada penelitian lanjutan untuk melakukan wawancara agar mengetahui penyebab miskonsepsi yang dialami siswa.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada STKIP Soe dan Sekolah penelitian yang memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

1. F. Wulandari, "Miskonsepsi Siswa Tentang Suhu Dan Kalor Menggunakan Test Diagnostis Di Sma Negeri 1 Sejangkung," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, hal. 1689–1699, 2019.
2. S. Wahyu, S. Mursyid, dan J. Sirait, "Penerapan Pendekatan Saintifik untuk Meningkatkan Hasil Belajar Materi Fluida Statis di SMA," *J. Pendidik. dan Pembelajaran*, vol. 5, no. 06, hal. 1–10, 2016.
3. N. I. Khairaty, A. M. Taiyeb, dan H. Hartati, "Identifikasi Miskonsepsi Siswa Pada Materi Sistem Peredaran Darah Dengan Menggunakan Three-Tier Test Di Kelas Xi Ipa 1 Sma Negeri 1 Bontonompo," *J. Nalar Pendidik.*, vol. 6, no. 1, hal. 7, 2018, doi: 10.26858/jnp.v6i1.6037.
4. P. A. S. Lestari, S. R, dan Hikmawati, "Profil Miskonsepsi Siswa Kelas X Smkn 4 Mataram pada Materi Pokok Suhu, Kalor, dan Perpindahan Kalor," *J. Pendidik. Fis. dan Teknol.*, vol. 1, no. 3, hal. 146, 2017, doi: 10.29303/jpft.v1i3.251.
5. Suparno.P, *Miskonsepsi & Perubahan Konsep Dalam Pendidikan Fisika*. Jakarta: Grasindo, 2013.
6. D. M, "Reduksi Miskonsepsi Kinematika Siswa Melalui Model Kooperatif Strategi Konflik Kognitif Berbantuan Kit Dan PhET," *JPPS (Jurnal Penelit. Pendidik. Sains)*, vol. 4, no. 2, hal. 557, 2017, doi: 10.26740/jpps.v4n2.p557-571.
7. L. Missa, R. N. K. Melli, dan D. Langtang, "Pengembangan Alat Evaluasi Fisika Untuk Mengidentifikasi Miskonsepsi Siswa Kelas VIII SMP Negeri Oenino," *J. Fis. Indones.*, vol. 24, no. 3, hal. 164–169, 2020, doi: 10.22146/jfi.v24i3.57639.
8. Sugiyono, *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung: Alfabeta, 2013.
9. A. . Khoiriyah, "Identifikasi Miskonsepsi Siswa Dengan Menggunakan Metode Certainty Of Response Index (CRI) Materi Gaya Dan Gerak Kelas IV Nurul Huda Di Ponegoro," Universitas Islam Walisongo Semarang, 2018.
10. Septiyani. E., "Identifikasi Miskonsepsi Siswa Menggunakan Tes Diagnostik Four Teir Digital Test (4 TDT) Berbasis Website Pada Konsep Suhu Dan Kalor," Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, 2019.
11. D. Setiawan, "Pengembangan Asesmen Diagnostik Miskonsepsi Fluida Berformat Five-Tier Untuk Mengungkap Profil Pemahaman Konsep Siswa," Universitas Negeri Semarang, 2020.
12. N. U. Rohmatin, "Pengembangan Instrumen Three Teir Test Berbasis Representasi Grafik Untuk Mengetahui Miskonsepsi Siswa Pada Materi Gerak Lurus," Iniversitas Sunan Kalijaga Yogyakarta, 2016.