

**PROSIDING SEMINAR
NASIONAL FISIKA 3 FST
UNDANA
09 NOVEMBER 2023**

**“APLIKASI ILMU FISIKA SAINS DALAM PENGEMBANGAN
DAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA ALAM NUSA
TENGGARA TIMUR”**



UNIVERSITAS NUSA CENDANA

FST-FISIKA

PROSIDING

SEMINAR NASIONAL

FISIKA 3 FST UNDANA

" APLIKASI ILMU FISIKA SAINS DALAM PENGEMBANGAN DANPEMANFAATAN SUMBERDAYA ALAM NUSA TENGGARA TIMUR "

Cetakan ketiga 2023

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.
Christine Mbliyora, S.Si., M.Si.

Layout dan Desain Sampul:

Minsyahril Bukit, S.Si., M.Si

Penerbit

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

Hak Cipta dilindungi oleh Undang-undang

Copyrigh © 2023

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

KATA PENGANTAR

Seminar nasional Fisika tahun 2023 ini merupakan seminar nasional Fisika ketiga yang dilaksanakan oleh Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknik Undana di Hotel Kristal Kupang pada tanggal 09 November 2023. Seminar nasional Fisika kali ini dengan tema “**APLIKASI ILMU FISIKA SAINS DALAM PENGEMBANGAN DAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA ALAM NUSA TENGGARA TIMUR**”. Berdasarkan kondisi saat ini, Prodi Fisika, FST Undana yang bergerak dalam bidang pendidikan, pengabdian dan riset dalam bidang sains dan teknologi memiliki kewajiban moral dari sisi akademik untuk berkontribusi terhadap penyelesaian berbagai permasalahan yang dihadapi oleh pemerintah pusat dan pemerintah provinsi NTT dalam menyiapkan masyarakat NTT, Prodi Fisika FST Undana telah melaksanakan Seminar Nasional yang ke 3 pada Hari Kamis tanggal 09 Nopember 2023 sebagai wadah menuliskan ide dan penelitian selama ini terkait fisika.

Hasil penelitian dalam bidang Fisika dan terapannya yang hasilnya sebagai masukan bagi pemerintah sebagai pembuat kebijakan, industri sebagai produsen dan masyarakat sebagai penggunaannya.. Dalam seminar nasional kedua ini akan ikuti oleh peneliti dari berbagai universitas dan lembaga riset yang ada di Indonesia, pemerintah, industri dan masyarakat akademik lainnya. Melalui kegiatan seminar nasional ini, diharapkan terjalin kersama antara universitas, pemerintah, industri dan masyarakat. Juga akan terjalin kerja sama penelitian antara sesama peneliti dari berbagai universitas untuk meningkatkan kualitas hasil penelitian.

Prosiding seminar nasional Fisika ini menyajikan paper-paper yang telah direview dan layak untuk dipublikasikan.. 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

Dr Abdul Wahid S.Si, M.Si.

SUSUNAN KEPANITIAAN

Pengarah:

Prof. Philipi de Rozari, S.Si., M.Si, M.Sc., Ph.D.

Penanggung Jawab:

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

Ketua Panitia

Dr Abdul Wahid., S.Si., M.Si.

Sekretaris

Minsyahril Bukit, S.Si., M.Si

Bendahara

Christine Mbiliyora, S.Si.,M.Si.

Sie Publikasi dan Dokumentasi

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

Zakarias S. Ngara, S.Si.,M.Si.,

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

Sie Acara

Frederika Rambu. Ngana. S.Si.,M.Eng.,Ph.D

Hadi Imam Sutaji, S.Si.,M.Si

Lilla Y Dillak, S.Pd.

Sie Kesekretariatan

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

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

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

Sie Sarana dan Prasana Perlengkapan

Bernandus. S.Si.,M.Si

Jonhson Tarigan. S.Si.,M.Sc.

Ari B. S. Umbu. S.Si.,M.Si

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

DAFTAR ISI

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

INFORMASI SEMINAR

Tema : APLIKASI ILMU FISIKA SAINS DALAM PENGEMBANGAN DAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA ALAM NUSA TENGGARA TIMUR

Waktu Pelaksanaan : 09 November 2023

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

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

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 2023	MC, Tim IT/main room
10.00-10.40	Jusuf A Adoe, S.E, M.T(Kepala Dinas ESDM Provinsi NTT)	Moderator: Dr Drs Hery L Sianturi/main room
10.40-11.20	Prof. Drs. Adi Susilo, M.Si, Ph.D (Universitas Brawijaya)	Moderator: Dr Abdul Wahid, S.Si., M.Si /mainRoom
11.20-12.00	Prof. Warsito, S,Si., DEA, Ph.D (Deputi VI Kemenko PMK – Universitas Lampung)	Moderator: Ali Warsito, S.Si., M.Si /mainroom
12.00-13.00	Break	
13.00-15.30	Paralel session Maksimal 10 menit untuk setiap pemateri dan 5 menit diskusi di akhirpresentasi	Room 3 Bernandus,S.Si, M.Si Room 2 Hadi Imam Sutaji S.Si., M.Si Room 3 Moderator: Minsyahril Bukit,S.Si, M.Si
15.35	Penutupan	Panitia

DAFTAR ARTIKEL

No	Artikel	Halaman
1	<p>PEMODELAN GEOID PULAU TIMOR MENGGUNAKAN DATA ANOMALI GAYA BERAT</p> <p><i>Hendrik Lomi Kana¹, Abdul Wahid², Jehunias L. Tanesib², Hadi I. Sutaji², dan Redi K. Pingak²</i></p>	1-04
2	<p>PEMETAAN BATUAN BAWAH PERMUKAAN DI SEKITAR DAERAH TERAKUMULASINYA AIR TANAH PADA AREA DUSUN 5 DESA OELETSALA KECAMATAN TAEBENU KABUPATEN KUPANG BERDASARKAN DATA MAGNETIK</p> <p><i>Verino Kenra Laalobang, Hadi Imam Sutaji, Johnson Tarigan, Minsyahril Bukit, Bernandus</i></p>	05 -11
3	<p>IDENTIFIKASI ASPEK GELOMBANG BUNYI KELUARAN ALAT MUSIK GONG DI KABUPATEN SABU RAIJUA KECAMATAN RAIJUA</p> <p><i>Allesandro Boni Geti, Ali Warsito dan, Laura A. S. Lapono, Hery Leo Sianturi</i></p>	12-21
4	<p>PROTOTIPE SISTEM MONITORING DAN KONTROL KUALITAS UDARA DALAM RUANGAN BERBASIS IOT</p> <p><i>Abraham Frits Berepalay, Laura A. S. Lapono, Ali Warsito,</i></p>	22-32
5	<p>ANALISIS IMPLEMENTASI SMARTPHONE ANDROID DAN MODUL ESP32-CAM UNTUK SISTEM ABSENSI MENGGUNAKAN FACE RECOGNITION</p> <p><i>Yuyun Hana Natbais, Ali Warsito, Jonshon Tarigan, Ari Bangkit Sanjaya Umbu</i></p>	33-36
6	<p>ANALISA SOLUSI IMPLEMENTASI METODE NUMERIK RUNGE KUTTA PADA RANGKAIAN RL MEMANFAATKAN DELPHI</p> <p><i>Welhelmina Weo, Ali Warsito, Laura A. S. Lapono, dan Redi K. Pingak</i></p>	37-45
7	<p>PENGAMBANGAN KACANG TANAH LOKAL ROTE NDAO TIPE MENJALAR MELALUI PERBAIKAN KULTIVAR DENGAN TEKNIK IRRADIASI MULTIGAMA</p> <p><i>Onita Boak, Bartholomeus Pasangka, Johnson Tarigan, Albert Zicko Johannes</i></p>	46-53
8	<p>PROTOTIPE PEMETIK DAWAI SASANDO ELEKTRIK DENGAN MOTOR SERVO BERBASIS IOT</p> <p><i>Tresna Marianti Saloekh, Ali Warsito, Minsyahril Bukit, Jonshon Tarigan</i></p>	56-63
9	<p>ANALISA KONSISTENSI NADA DAN INTENSITAS BUNYI PETIKAN SISTEM ROBOTIK PADA SASANDO BIOLA ELEKTRIK BERBASIS ESP32 IOT</p> <p><i>Ali Warsito, Jonshon Tarigan, Ari Bangkit Sanjaya Umbu, Minsyahril Bukit, Abdul Wahid</i></p>	64-70

PEMODELAN GEOID PULAU TIMOR MENGGUNAKAN DATA ANOMALI GAYA BERAT

Hendrik Lomi Kana¹, Abdul Wahid², Jehunias L. Tanesib², Hadi I. Sutaji², dan Redi K. Pingak²

1. Guru, SMP Kristen Generasi Unggul Kupang, Jl. H. R. Korroh-Bello, 85613, Indonesia
2. Dosen Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Jl. Adisucipto-Penfui, Kota Kupang, Kode Pos 85148, Indonesia
E-mail: hendriklomikana@gmail.com

Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang pemodelan geoid Pulau Timor menggunakan data anomali gaya berat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai undulasi di Pulau Timor dengan mengaplikasikan formula Stokes dalam hitungan geoid gravimetrik. Selanjutnya dibuat model geoid dari nilai undulasi di Pulau Timor tersebut. Pemodelan geoid dapat dilakukan dengan metode gravimetrik dan metode geometrik. Pemodelan ini dilakukan dengan metode gravimetrik menggunakan data anomali gaya berat sebagai data utama yang kemudian dilakukan perhitungan menggunakan formula Stokes. Nilai anomali gaya berat free air untuk Pulau Timor berkisar dari -140 sampai 140 mGal dengan interval 10 mGal. Diperoleh hasil undulasi geoid berkisar -55 meter sampai 70 meter dengan nilai tertinggi berada pada bagian barat Pulau Timor yaitu pada koordinat $-9.3^{\circ}LS$ sampai $-9.5^{\circ}LS$ dan $123.9^{\circ}BT$ sampai $124.1^{\circ}BT$ dengan nilai berkisar 45 sampai 70 meter. Sementara itu, nilai terendah berada pada bagian barat laut yaitu pada koordinat $-8.8^{\circ}LS$ sampai $-9.1^{\circ}LS$ dan $123.8^{\circ}BT$ sampai $124.1^{\circ}BT$ dan barat daya Pulau Timor yaitu pada koordinat $-9.7^{\circ}LS$ sampai $-9.9^{\circ}LS$ dan $123.5^{\circ}BT$ sampai $123.7^{\circ}BT$ dengan nilai berkisar -20 sampai -30 meter. Dengan hasil ini, diperoleh standar deviasinya yaitu 20,6674114 meter.

Kata kunci: Geoid, anomali gaya berat, formula Stokes, gravimetrik, geometrik dan undulasi geoid

Abstract

Geoid modelling of Timor Island using gravity anomalous data is presented in the current study. This research aims to determine the value of undulation in the Timor Island by applying the Stokes formula in a geoid gravimetric calculation. Next, a geoid model based on the value of undulation values developed. Geoid modelling can be done by gravimetric methods and geometric methods. The modeling in the present work was done by the Gravimetric method using gravitational anomaly data as the primary data which was then calculated using the Stokes formula. The values of gravity anomaly free air for the Timor Island ranged from -140 to 140 mGal with an interval of 10 mGal. The results showed that geoid undulation ranged from -55 meters to 70 meters with the highest value located in the western part of Timor Island at the coordinates of $-9.3^{\circ}LS$ to $-9.5^{\circ}LS$ and $123.9^{\circ}BT$ to $124.1^{\circ}BT$ with a value between 45 and 70 meters. Meanwhile, the lowest values were found in the northwest part at $-8.8^{\circ}LS$ to $-9.1^{\circ}LS$ and $123.8^{\circ}BT$ to $124.1^{\circ}BT$ and southwest Timor Island at the coordinates $-9.7^{\circ}LS$ to $-9.9^{\circ}LS$ and $123.5^{\circ}BT$ to $123.7^{\circ}BT$ with a value ranging from -36 to -55 meters. With these results, the standard deviation is 20.6674114 meters.

Keywords: Geoid, gravity anomaly, Stokes formula, gravimetric, geometric and Geoid undulating

PENDAHULUAN

Di Indonesia sistem GPS (*Global Positioning System*) sudah banyak diaplikasikan, terutama terkait aplikasi-aplikasi yang menuntut informasi posisi, untuk memperoleh koordinat secara cepat dan praktis yang meliputi posisi horizontal (X, Y) dan ketinggian (h). Ketinggian (h) adalah tinggi yang diukur dari bidang elipsoid dan merupakan bentuk ideal dengan asumsi bahwa densitas (kerapatan) bumi homogen. Asumsi ini berbeda dengan kenyataannya, dimana topografi bumi bervariasi dengan adanya

gunung, lautan, cekungan, dataran termasuk lapisan penyusun bumi yang membuat ellipsoid berubah menjadi bentuk baru yaitu geoid.

Geoid merupakan bidang ekipotensial yang diasumsikan berimpit dengan muka laut rerata yang tidak terganggu dan merepresentasikan bentuk bumi sesungguhnya [1]. Nilai tinggi geoid dapat diturunkan dari data gaya berat khususnya anomali gaya berat *free-air* sebagai data utama.

Undulasi geoid atau beda tinggi antara ellipsoid dan tinggi geoid sangatlah bervariasi dan besarnya bisa mencapai puluhan meter, sehingga pemakaian langsung tinggi GPS (h) dapat menyebabkan penyimpangan puluhan meter terhadap tinggi orthometrik. Untuk mentransformasikan tinggi ellipsoid ke tinggi orthometris, diperlukan data undulasi yang dihasilkan dari model geoid di suatu wilayah [2]. Akurasi suatu model geoid ditentukan oleh kualitas data gaya berat dan metode pengolahan data yang diterapkan.

Dengan berlakunya Sistem Referensi Geospasial Indonesia 2013 (SRGI2013), maka model geoid harus tersedia di seluruh wilayah Indonesia. Data gaya berat yang rapat di seluruh Indonesia diperlukan untuk memodelkan geoid Indonesia [3]. Informasi geoid memiliki peranan penting dalam bidang geoteknik dan geomatika. Pentingnya data geoid akan sangat mendesak karena pesatnya pemakaian GPS untuk berbagai keperluan rekayasa dan survei pemetaan. Di berbagai daerah, misalnya Pulau Timor sangat membutuhkan informasi tersebut mengingat bahwa Pulau Timor terbentuk karena proses pengangkatan permukaan bumi di atas permukaan laut. Oleh karena berupa proses pengangkatan maka diperlukan suatu model geoid yang teliti. Selain itu, Pulau Timor juga merupakan salah satu Pulau di Indonesia yang sangat pesat pembangunannya justru belum memiliki model geoid.

Oleh karena itu, maka dilakukan penelitian dengan tujuan mengaplikasikan formula *Stokes* dalam hitungan geoid gravimetrik untuk mengetahui nilai undulasi di daerah penelitian yaitu Pulau Timor kemudian mengetahui hasil pemodelan geoid dari data anomali gaya berat di Pulau Timor.

Pulau Timor terbentuk karena pengangkatan permukaan bumi di atas permukaan laut sesuai proses tektonik epirogenetik negatif ketika terjadi tunjaman atau tumbukan lempeng Indo-Australia (lempeng samudera) terhadap lempeng Eurasia (lempeng benua).

METODE

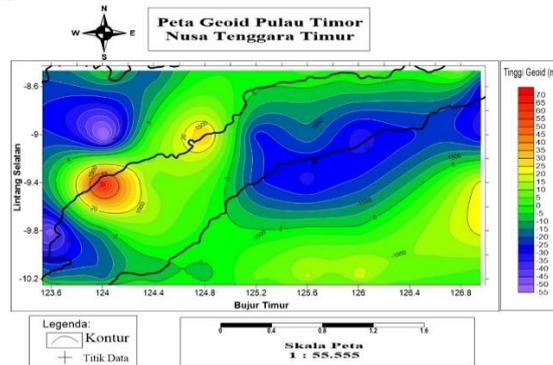
Sumber Data yaitu Data anomali gravitasi lengkap dengan data posisi geografis dan elevasi masing-masing titik ukur diakses dari *website*: https://topex.ucsd.edu/cgi-bin/get_data.cgi.

Metode Gravimetrik: Data diambil melalui *website* Sandwell and Smith yaitu: https://topex.ucsd.edu/cgi-bin/get_data.cgi kemudian dibuat grid dengan interval 0.4. Selanjutnya dihitung nilai undulasi menggunakan formulasi *Stokes* dengan metode FFT (Fast Fourier Transform) yaitu 2D bidang datar.

Metode Geometrik: Pada metode ini perhitungan dilakukan secara online menggunakan sistem SRGI2013 di <http://srgi.big.go.id/srgi2/geoid> dengan menginput data berupa lintang dan bujur serta tinggi ellipsoid. Data lintang, bujur dan tinggi ellipsoid diperoleh dari <http://srgi.big.go.id/srgi2/jkg> sebanyak 22 Titik-Titik Geodesi (TTG).

Pemodelan: Data undulasi yang telah dihitung di atas dibuat pemodelan berupa peta kontur menggunakan software *Surfer 13*, kemudian, nilai undulasi yang diperoleh melalui perhitungan di atas berupa data anomali udara bebas yang dibandingkan dengan perhitungan undulasi menggunakan metode geometrik.

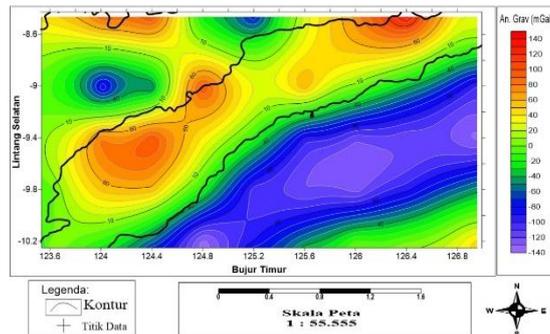
HASIL DAN PEMBAHASAN



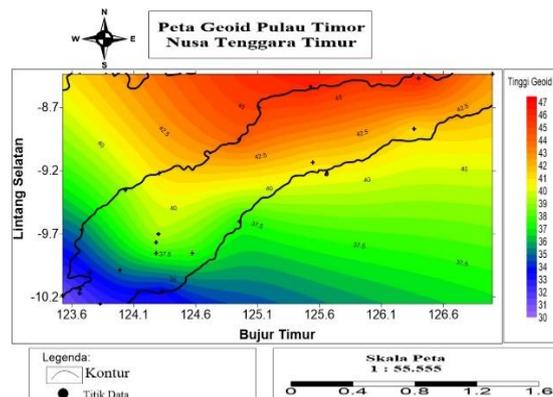
Gambar 1. Peta kontur geoid gravimetrik dengan interval 5 m.

Pada pemodelan geoid ini digunakan metode gravimetrik untuk mengetahui tinggi geoid (undulasi). Tinggi geoid dihitung menggunakan data utama yaitu data anomali *free-air*. Pada perhitungan metode gravimetrik digunakan data sekunder berupa data titik acuan (*base station*) gaya berat di Kota Kupang yang terletak di Pelabuhan Tenau dengan koordinat $123.5273516^{\circ}\text{BT}$ dan $-10.18611111^{\circ}\text{LS}$ (SRGI2013). Dengan menggunakan Formula *Stokes* yang telah dimodifikasi dalam bentuk Fast Fourier Transform (FFT) 2 dimensi bidang datar (persamaan 2), diperoleh hasil geoid gravimetrik memiliki range lebih besar yaitu -55 sampai 70 meter, sedangkan range untuk geoid geometrik adalah 30 sampai 47 meter.

Nilai tertinggi berada pada bagian Barat Pulau Timor yaitu koordinat -9.3°LS dan 123.9°BT sampai -9.5°LS dan 124.1°BT dengan nilai berkisar 45 sampai 70 meter. Sementara itu, nilai terendah berada pada bagian Barat Laut yaitu koordinat -8.8°LS dan 123.8°BT sampai -9.1°LS dan 124.1°BT dan Barat Daya Pulau Timor yaitu pada koordinat -9.7°LS dan 123.5°BT sampai -9.9°LS dan 123.7°BT dengan nilai berkisar -20 sampai -30 meter.



Gambar 2. Peta kontur anomali udara bebas (*free air anomaly*) dengan interval 10 mGal



Gambar 3. Peta kontur geoid geometrik dengan interval 0.5 m.

Dari model geoid yang dihasilkan oleh Rastawira (2013) tinggi undulasi geoid di Kota Semarang berkisar antara 26,73 sampai dengan 26,99 meter, sedangkan oleh Daraputri (2015) dengan membuat pemodelan geoid Indonesia dengan data satelit Goce, hasil penelitian menunjukkan bahwa model undulasi geoid Indonesia minimum -51,9 meter dan maksimum 81,4 meter. Dimana pada wilayah Indonesia bagian barat khususnya Sumatera memiliki nilai geoid negatif, sementara Indonesia bagian timur memiliki nilai geoid positif, ini diakibatkan oleh pola anomali gaya berat. Pola anomali gaya berat yang rendah mengikuti pola gunung api Indonesia atau Pasific ring of fire, hal ini disebabkan oleh topografi yang bervariasi sehingga ketinggian tempat tersebut berpengaruh pada nilai anomali gaya beratnya.

Hasil perhitungan undulasi geoid (N) geometrik yang diambil dari 22 tanda titik geodesi (TTG), menunjukkan undulasi geoid geometrik di titik bagian barat sampai titik bagian timur bernilai positif, berkisar 30 meter sampai 47 meter. Nilai terendah pada titik bagian barat di Lokasi Pelabuhan Tenau yaitu berkisar 31 meter dan nilai tertinggi di Timor Leste berkisar 46,1868 meter.

Dari data hasil perhitungan diatas dilakukan perhitungan nilai standar deviasi untuk merepresentasikan simpangan data dari titik atau sebaran data, besar kecil nilainya menunjukkan presisi suatu kumpulan data sehingga diperoleh standar deviasi yaitu 20,6674114 meter. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Rastawira (2013) menjelaskan bahwa daerah Indonesia bagian timur memiliki nilai undulasi positif.

SIMPULAN DAN SARAN

Nilai anomali gaya berat *free-air* di Pulau Timor (Lokasi Penelitian) berkisar -140 mGal sampai 140 mGal, Aplikasi formula *Stokes* yang digunakan untuk menghitung geoid gravimetrik adalah formula *Stokes* modifikasi dalam bentuk Fast Fourier Transform (FFT) 2 dimensi bidang datar, Nilai undulasi daerah penelitian yaitu Pulau Timor dihitung menggunakan 2 metode yaitu metode geometrik dan gravimetrik, dimana metode geometrik berkisar 30 meter sampai 47 meter, sedangkan metode gravimetrik berkisar -55 meter sampai 70 meter. Dengan hasil ini, diperoleh standar deviasinya yaitu 20,6674114 meter.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Vermeer, M. 2016. *Physical Geodesy*. Helsinki.
- [2]. Fortopoulos, G., Kotsakis, C. dan Sideris, M.G. 2003. *How Accurately Can We Determine Orthometric Height Differences From GPS And Geoid Data?*. Journal of Surveying Engineering. 129, 1-10.
- [3]. Pangastuti, D. dan Sofian, I. 2015. *Validasi Geoid EGM 2008 di Jawa dan Sumatra dengan Menggunakan Parameter Mean Dynamic Topography (MDT) Pada Geoid Geometris*. Majalah Globe Vol. 17 No. 1 Juni 2015: 079-088.

PEMETAAN BATUAN BAWAH PERMUKAAN DI SEKITAR DAERAH TERAKUMULASINYA AIR TANAH PADA AREA DUSUN 5 DESA OELETSALA KECAMATAN TAEBENU KABUPATEN KUPANG BERDASARKAN DATA MAGNETIK

*Verino Kenra Laalobang*¹, *Hadi Imam Sutaji*², *Johnson Tarigan*³, *Minsyahril Bukit*¹, *Bernandus*⁴
Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana
Jln. Adi Sucipto, Penfui, Kota Kupang, 8511, Indonesia
E-mail: hadi.i.sutaji@staf.undana.ac.id

Abstrak

Telah dilakukan penelitian studi anomali magnetik untuk pemetaan batuan bawah permukaan pada daerah terakumulasinya air tanah di area Dusun 5 pada Desa Oeletsala berdasarkan data magnetik. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pola sebaran batuan berdasarkan nilai susceptibilitas dan sebaran batumannya. Pengambilan data lapangan, yaitu medan magnet total dan variasi harian dilakukan dengan menggunakan Quantum Magnetometri Laboratori (QML) yang kemudian diinterpretasikan secara kualitatif dan kuantitatif. Interpretasi kualitatif menunjukkan bahwa anomali rendah diduga berupa batu pasir sedangkan anomali sedang diduga batu lempung dan anomali tinggi diduga berupa batu gamping. Interpretasi kuantitatif menunjukkan susunan batuan pada sayatan 1a-1b, sayatan 2a-2b dan sayatan 3a-3b diduga terdiri dari tiga jenis batuan, yaitu batu pasir, batu lempung dan batu gamping. Batu pasir tersebar dominan di arah selatan sampai timur, batu lempung dominan berada pada arah barat sampai timur sedangkan batu gamping dominan dari arah barat laut, utara sampai timur laut.

Kata kunci: Desa Oeletsala; metode geomagnetik; anomali magnetik; susceptibilitas

Abstract

Magnetic anomaly research has been carried out to map subsurface rocks in areas where groundwater accumulates in the Hamlet 5 area in Oeletsala Village based on magnetic data. The aim of this research is to determine the rock distribution pattern based on the susceptibility value and rock distribution. Field data collection, namely the total magnetic field and daily variations, was using Quantum Magnetometry Laboratory (QML) which was then interpreted qualitatively and quantitatively. Qualitative interpretation shows that the low anomaly is sandstone, while the medium anomaly is clay stone and the high anomaly is limestone. Quantitative interpretation shows that the rock composition in incision 1a-1b, incision 2a-2b and incision 3a-3b is thought to consist of three types of rock, namely sandstone, claystone and limestone. Sandstone is dominantly distributed in the south to east direction, claystone is dominant in the west to east direction, while limestone is dominant from the northwest, north to northeast.

Keywords: Oeletsala Village; geomagnetic methods; magnetic anomalies; susceptibility

PENDAHULUAN

Air adalah salah satu sumber daya alam yang sangat diperlukan oleh makhluk hidup dalam berbagai aktivitasnya. Pada prosesnya, pemanfaatan air oleh manusia semakin meningkat dari tahun ke tahun yang dikarenakan adanya peningkatan jumlah pertumbuhan dan perkembangan manusia. Peningkatan kebutuhan air ini, ternyata tidak diimbangi dengan keberadaan air yang semakin berkurang.

Ada beberapa hal yang menyebabkan itu terjadi, seperti minimnya curah hujan dan kerusakan lingkungan hidup, misalnya penebangan pohon. Kondisi tersebut, juga banyak ditemukan di Pulau Timor, dimana penduduk yang bekerja di bidang perkebunan masih banyak membuka lahan dengan cara menggunduli hutan, padahal tindakan itu dapat mengurangi sumber daya air dan berpengaruh pada kondisi tanah lingkungan setempat. Oleh sebab itu, air tanah menjadi pilihan solusi dalam memenuhi

kebutuhan manusia sehari-hari. Secara umum air tanah diartikan sebagai air yang berada dan berasal dari lapisan tanah, baik air yang berada pada lapisan tanah tak jenuh maupun air yang berada pada lapisan tanah jenuh [1].

Peranan air tanah dapat dimanfaatkan sebagai alternatif sumber daya air dalam menjaga keseimbangan dan ketersediaan bahan baku air baik untuk keperluan rumah tangga ataupun industri [2]. Air tanah terdapat dalam batuan yang berada di bawah permukaan tanah meliputi keterdapatan, penyebaran dan pergerakan air tanah terkait kondisi geologi suatu daerah [3]. Keberadaannya berada diantara butir-butir tanah dan memiliki pergerakan serta tergabung pada lapisan tanah yang disebut akuifer. Akuifer adalah lapisan batuan bawah permukaan yang bersifat sebagai pembawa atau mengandung air karena memiliki cukup batuan untuk meloloskan air. Contoh kerikil, pasir dan batu gamping rekahan yang disebut dengan lapisan permeabel. Adapun lapisan yang sulit dilalui air tanah disebut impermeabel, yakni lapisan kedap air [4].

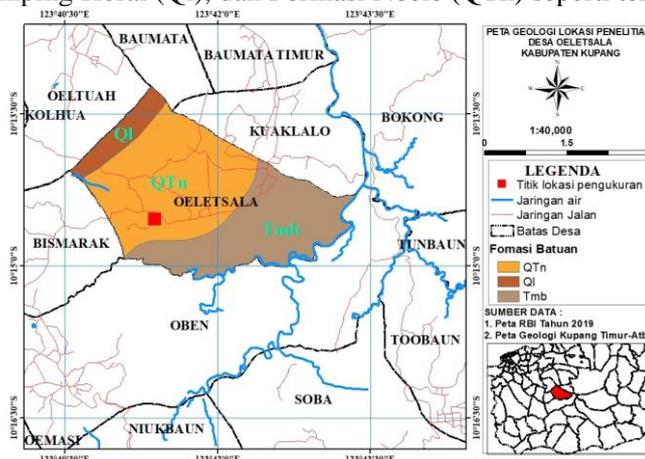
Lapisan batuan bawah permukaan, begitu juga dengan akuifer tidak dapat terlihat secara langsung dari permukaan bumi dan umumnya berbeda kondisinya untuk setiap tempat. Ada kalanya pada suatu tempat mudah ditemukan lapisan batuan yang bersifat sebagai akuifer dan ada pula yang sulit tergantung keberadaan lapisan batuan yang berada pada tempat tersebut. Secara umum batuan ada tiga macam, yaitu batuan beku, batuan sedimen dan batuan metamorf.

Keadaan batuan bawah permukaan yang tidak dapat terlihat secara langsung dari permukaan tersebut dapat diduga. Salah satu upaya pendugaan tersebut dengan menggunakan metode geofisika. Metode geofisika adalah salah satu metode untuk memetakan sumber daya alam di bawah bumi. Beberapa contoh metode geofisika tersebut, misalnya metode geolistrik, metode gravitasi dan metode geomagnetik [5].

Metode geomagnetik merupakan metode geofisika yang dapat digunakan untuk melakukan interpretasi lapisan bawah permukaan beserta jenis batuan berdasarkan intensitas medan magnet yang terukur di permukaan. Metode geomagnetik memanfaatkan sifat kemagnetan bumi sehingga didapat kontur yang menggambarkan distribusi susceptibilitas batuan di bawah permukaan pada arah horizontal [6].

Geologi Lokasi Penelitian

Desa Oeletsala berada di Kecamatan Taebenu Kabupaten Kupang dengan geologi berupa Kompleks Bobonara (Tmb), Batugamping Korall (Ql), dan Formasi Noele (QTn) seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta geologi lokasi penelitian

METODE

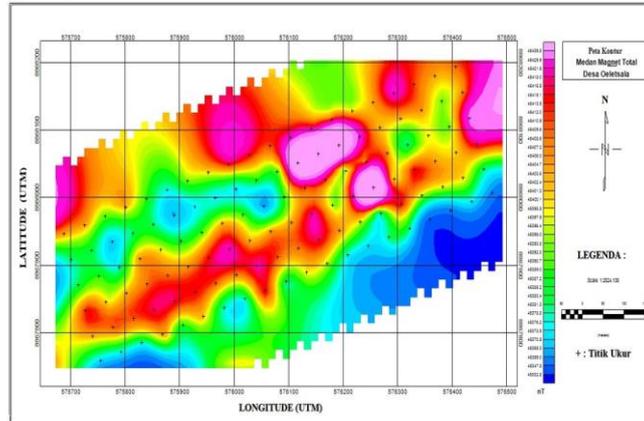
Penelitian ini menggunakan beberapa peralatan diantaranya *Quantum Magnetometry laboratory* (QML), GPS, kompas dan kamera. Tahapan penelitian dimulai dengan survei lokasi, penentuan titik ukur dan lintasan, pengambilan data serta pengolahan data magnetik melalui *software Surfer* dan *GM-SYS Oasis Montaj*.

Untuk pengolahan data diawali dengan pembuatan peta medan magnet total dan dilanjutkan dengan koreksi variasi harian dan koreksi IGRF. Hasil koreksi berupa anomali medan magnet, kemudian di reduksi

ke kutup dan dikontinuasi ke atas (*upward continuation*) serta pemodelan dua dimensi yang diambil dari pembuatan sayatan pada peta anomali hasil kontinuitas ke atas.

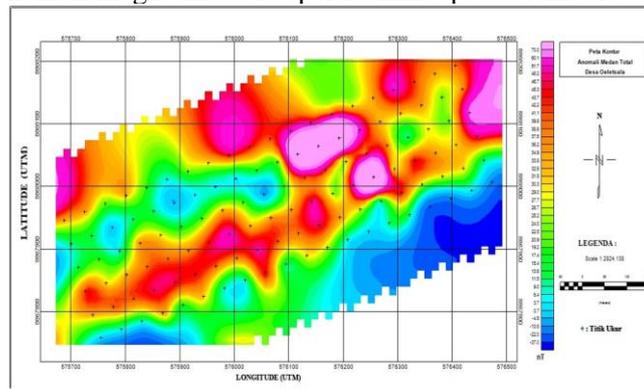
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran dilakukan pada 120 titik ukur di area seluas $800 \times 240 \text{ m}^2$. Nilai medan magnet total hasil penelitian memiliki rentang nilai sekitar $45332,8 \text{ nT} - 45493,8 \text{ nT}$. Peta kontur medan magnetik total hasil pengukuran ditunjukkan pada Gambar 2.



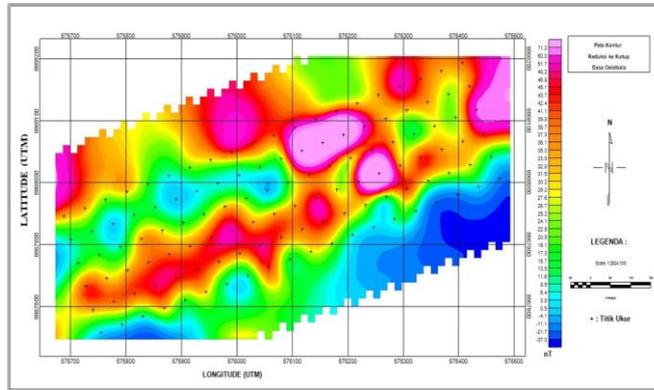
Gambar 2. Peta kontur medan magnet total

Nilai medan magnet total masih di filter melalui tahapan koreksi variasi harian dan koreksi IGRF untuk memperoleh nilai anomali magnetik total seperti terlihat pada Gambar 3.



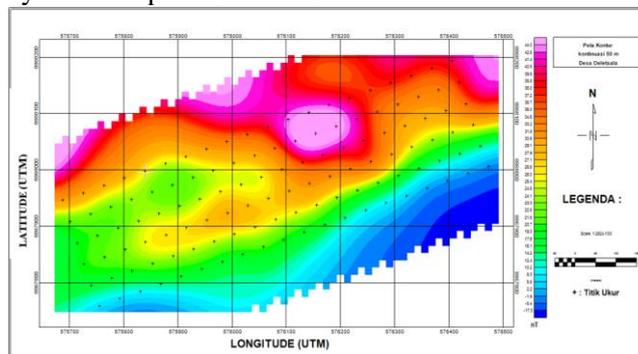
Gambar 3. Peta kontur anomali medan magnetik

Hasil nilai anomali medan magnetik total digunakan pada proses reduksi ke kutub agar anomalnya semakin jelas terlihat. Hasil reduksi ke kutub menunjukkan sumber anomali magnetik menjadi lebih jelas sehingga mempermudah interpretasi data. Pola kontur hasil reduksi ke kutub (RTP) tersebut digambarkan seperti ditunjukkan pada Gambar 4.:



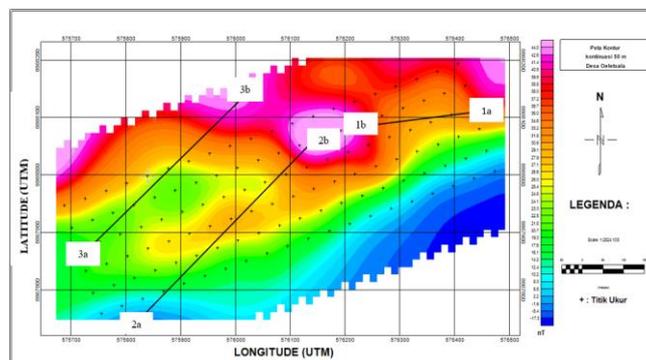
Gambar 4. Peta Reduksi ke kutub (RTP)

Nilai anomali magnetik total hasil reduksi ke kutub kemudian dikontinuasi ke atas. Tujuan dilakukan kontinuasi ke atas ini, yaitu menentukan nilai anomali regional [7]. Kontinuasi ke atas, dilakukan pada ketinggian 50 m dan hasilnya terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Peta kontur hasil kontinuasi ke atas

Pembuatan sayatan kemudian dilakukan pada hasil kontinuasi ke atas tersebut dengan jumlah sayatan sebanyak 3 buah, yaitu sayatan 1a-1b dari arah timur ke barat, sayatan 2a-2b dari arah barat daya ke timur laut dan sayatan 3a-3b dari arah barat daya ke timur laut. Ketiga sayatan tersebut ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Peta sayatan magnetik

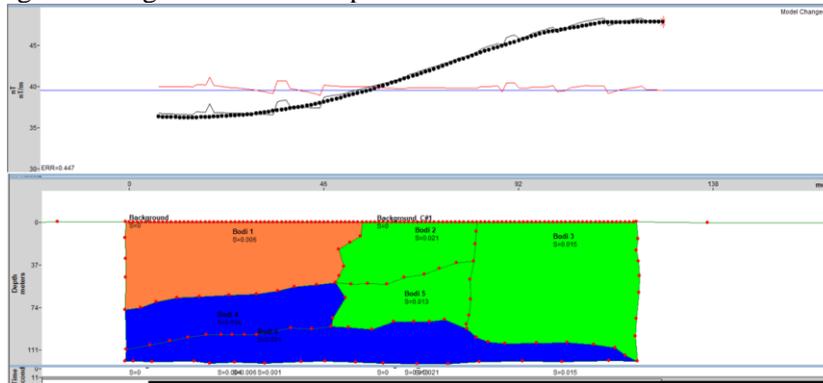
Interpretasi Kualitatif

Sebaran nilai anomali magnetik dengan rentang nilai sekitar $-17,3 \text{ nT}$ - $44,0 \text{ nT}$ terbagi atas anomali rendah, anomali sedang dan anomali tinggi. Anomali rendah dengan rentang nilai sekitar $-17,3 \text{ nT}$ sampai $24,8 \text{ nT}$ dominan berada pada arah selatan sampai timur. Untuk anomali sedang memiliki rentang nilai sekitar $24,8 \text{ nT}$ sampai $36,0 \text{ nT}$ dengan dominasi mulai arah barat sampai timur laut, serta anomali tinggi dominan dari arah barat laut, utara sampai timur laut dengan rentang nilai sekitar $36,0 \text{ nT}$ sampai $44,0 \text{ nT}$.

Dugaan batuan pada anomali rendah, sedang dan tinggi, jika dikaitkan dengan geologi lokasi penelitian maka batuan-batuan tersebut merupakan bagian susunan formasi Bobonara (Tmb) batuan campur aduk yang dalamnya terdapat lempung. Gamping koral (Q1) terdapat batu gamping koral dan batu gamping terumbu dan Noele (QTn) terdapat batuan pasir.

Interpretasi Kuantitatif

Sayatan 1a-1b memiliki bentangan dari arah timur ke barat dengan panjang lintasan sekitar 119.27 m yang menghasilkan pemodelan profil bawah permukaan 2D seperti ditampilkan pada Gambar 7 sedangkan hasil dugaan litologi batuan terlihat pada Tabel 1.

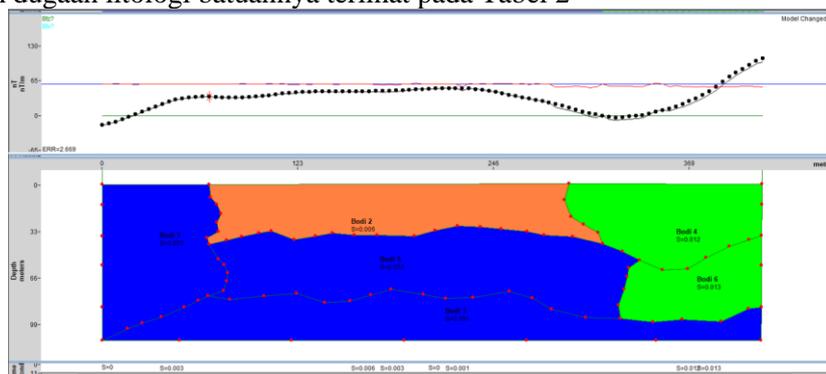


Gambar 7. Pemodelan profil bawah permukaan sayatan 1a-1b

Tabel 1. Hasil pemodelan 2D pada sayatan 1a-1b

Bodi	Model	k (SI)	d ± (m)		Litologi Batuan	Sifat Kelulusan Air
			Kedalaman	Jarak		
1		0,006	0-76,1	0-55,1	Batu Lempung	Tidak loloskan Air
2		0,021	0-52,4	48,8-82,1	Batu Gamping	Loloskan Air
3		0,015	0-120	82,1-120	Batu Gamping	Menampung/ Loloskan Air
4		0,004	76,1-110,3	0-51,1	Batu Pasir	Menampung/ Loloskan Air
5		0,013	34,0-90,2	47,8-81,4	Batu Gamping	Loloskan Air
6		0,001	92,7-120	0-120	Batu Pasir	Menampung/ Loloskan Air

Sayatan 2a-2b memiliki bentangan dari arah barat daya ke timur laut dengan panjang lintasan sekitar 414.4 m, dimana pemodelan profil bawah permukaan 2D yang dihasilkan seperti ditunjukkan pada Gambar 8 dengan dugaan litologi batuanya terlihat pada Tabel 2

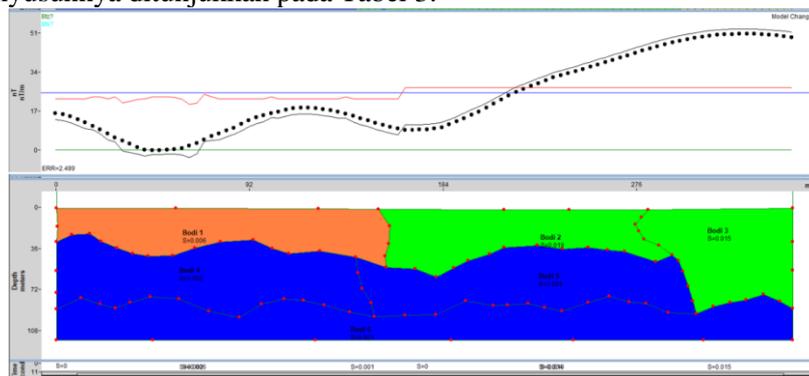


Gambar 8. Pemodelan profil bawah permukaan sayatan 2a-2b

Tabel 2. Hasil pemodelan 2D pada sayatan 2a-2b

Bodi	Model	k (SI)	d ± (m)		Litologi Batuan	Sifat Kelulusan Air
			Kedalaman	Jarak		
1		0,003	0-110	0-79,2	Batu pasir	Menampung/ Loloskan air
2		0,006	0-36,2	67,4- 314,9	Batu Lempung	Tidak Loloskan air
3		0,001	73,1-110	0-414	Batu pasir	Menampung/ Loloskan air
4		0,012	0-60,1	290,8- 414	Batu Gamping	Menampung/ Loloskan air
5		0,003	29,1-80,2	79,2- 328,3	Batu pasir	Menampung/ Loloskan air
6		0,013	35,8-95,9	326,0- 414	Batu Gamping	Menampung/ Loloskan air

Sayatan 3a-3b memiliki bentangan dari arah barat daya ke timur laut dengan panjang lintasan sekitar 350.41 m. Hasil pemodelan profil bawah permukaan 2D dari sayatan ini terlihat pada Gambar 9 dan litologi batuan penyusunnya ditunjukkan pada Tabel 3.



Gambar 9. Pemodelan profil bawah permukaan sayatan 3a-3b

Tabel 3. Hasil pemodelan 2D pada sayatan 3a-3b

Bodi	Model	k (SI)	d ± (m)		Litologi Batuan	Sifat Kelulusan Air
			Kedalaman	Jarak		
1		0,006	0 - 42,8	0-153,6	Batu Lempung	Tidak Loloskan air
2		0,019	0 - 60,8	153,7- 281,6	Batu Gamping	Tidak loloskan Air
3		0,015	0 - 86,4	287,1- 350	Batu Gamping	Menampung/ Loloskan air
4		0,002	30,5-89,01	0-152,1	Batu Pasir	Menampung/ Loloskan air
5		0,004	33,06-90,7	153,1- 304,8	Batu Pasir	Menampung/ Loloskan air
6		0,001	89,4-116	0-350	Batu Pasir	Menampung/ Loloskan air

Hasil pemodelan sayatan 1a–1b, sayatan 2a-2b dan sayatan 3a-3b jika dikaitkan dengan geologi lokasi penelitian, maka hasilnya mewakili tiga formasi batuan yaitu formasi bobonara (lempung), gamping koral dan noele (batu pasir). Berdasarkan nilai susebtibilitas yaitu 0,001 SI sampai 0,004 SI adalah batuan pasir, 0,006 SI adalah batu lempung dan 0,012 SI sampai 0,021 SI adalah batu gamping.

SIMPULAN DAN SARAN

SIMPULAN

Penelitian ini memberikan simpulan bahwa batuan bawah permukaan yang tersebar di sekitar daerah terakumulasinya air tanah pada area penelitian diduga berupa batu pasir, batu lempung dan batu gamping. Batu pasir diduga memiliki sebaran dominan pada arah selatan sampai timur sedangkan batu lempung diduga tersebar dominan pada arah barat sampai timur serta sebaran batu gamping diduga dominan pada arah barat laut, utara sampai timur laut.

SARAN

Saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil penelitian ini, adalah menambah jumlah titik ukur dan memperluas area penelitian serta menggunakan metode geofisika lainnya sebagai perbandingan jika melaksanakan penelitian lanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Maizir, 2019. Pengaruh Pemanfaatan Sumberdaya Air Tanah dalam Pembangunan Kawasan Industri Baru. *Jurnal Teknik Sipil ITP*, E-ISSN 2614-414X, P-ISSN 2354-8452, Vol. 6 No.2 Juli 2019.
2. Nurhakim, A. & Firdaus, M. 2022. Peluang pemanfaatan air tanah untuk mendukung keberlanjutan sumber daya air di Kota Pare-Pare. *Jurnal Teknik Hidro*, e-ISSN: 2715-0763, p-ISSN:1979-9764, Volume 15 Nomor 1, Februari 2022.
3. Permana, A. P. 2019. Analisis Kedalaman dan Kualitas Air Tanah di Kecamatan Hulonthalangi Kota Gorontalo. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, ISSN: 1829-8907, Volume 17, Issue I (2019) : 15-22.
4. Buwana, B., Priyantari, N., Supriyadi. 2020. Identifikasi Akuifer di Fakultas MIPA Universitas Jember Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas 1D Konfigurasi Schlumberger. *Jurnal ILMU DASAR*, e-ISSN: 2442-5613, p-ISSN: 1411-5735, Vol. 21 No. 2, Juli 2020.
5. 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.
6. Duhri, N. I. & Tiwow, V. A. & Ihsan, N. 2019. Identifikasi Material Bawah Permukaan Kecamatan Bontocani Kabupaten Bone Menggunakan Metode Geomagnet. *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika (JSPF)*, e-ISSN : 2548-6373, p-ISSN : 1858-330X, Jilid 15, Nomor 2. Agustus 2019.
7. Astuti, S. & Usman, I. & Abdin. 2023. Studi Kajian Literatur: Struktur Bawah Permukaan Menggunakan Metode Magnetik di Beberapa Daerah Indonesia. *Einstein's: Research Journal of Applied Physics*, e-ISSN: 2985-3672, Vol. 1, No 2, Oktober 2023.

IDENTIFIKASI ASPEK GELOMBANG BUNYI KELUARAN ALAT MUSIK GONG DI KABUPATEN SABU RAIJUA KECAMATAN RAIJUA

Allesandro Boni Geti¹, Ali Warsito² dan, Laura A. S. Laponi³, Hery Leo Sianturi⁴

*Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana,
Jl. Adisucipto-Penfui, Kota Kupang, Kode Pos 85001, Indonesia
E-mail: alesandroboget210@gmail.com*

Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang identifikasi aspek gelombang bunyi keluaran alat musik Gong Tradisional. Subjek penelitian ini adalah bunyi alat musik gong yang diletakan secara vertikal (gantung) dengan jumlah alat musik gong 5 buah dengan diameter yang berbeda-beda, yang terdiri dari daidala (33 cm), gaha (30 cm), leko (28 cm), wopeli (26 cm) dan wopetada (20 cm). Nada standar dari alat musik gong berturut-turut yaitu G2, B3, C4, E4b, dan D4B. Bunyi alat musik gong direkam dengan Handphone kemudian dianalisis menggunakan perangkat lunak audacity. Aspek gelombang bunyi ditentukan dengan menggunakan metode Fast Fourier Transform (FFT). Sampel original bunyi gong yang direkam dengan Handphone memiliki rentang frekuensi berturut-turut dari gong yang berdiameter paling besar ke yg terkecil yaitu 380,75 Hz, 480 Hz, 538 Hz, 632,375 Hz, 961 Hz. Rentang intensitas dari alat musik gong yaitu -12,9 dB, -15,225 dB, -16,1 dB, -17,175 dB, -17,9375 dB, kemudian dengan perangkat lunak excel diperoleh grafik data bunyi gong berupa grafik intensitas, frekuensi dan noise. Setelah dilakukan filter terhadap sampel original bunyi gong, yang mempengaruhi kualitas gelombang bunyi adalah rentang noise pada sampel bunyi dari pengolahan data yaitu 0,15 dB, 0,025 dB, 0,475, 0,1375 dB, 0,8125 dB dengan persentase noise 15 %, 3 %, 47 %, 14 % 81 %. Sebagian besar persentasi noise berpengaruh pada bunyi asli.

Kata kunci: *gong; sampel original; audacity; metode fast fourier transform (fft); frekuensi; intensitas; noise*

Abstract

Research has been conducted on the identification of sound wave aspects of the output of traditional gong musical instruments. The subject of this research is the sound of gong musical instruments placed vertically (hanging) with the number of gong musical instruments 5 pieces with different diameters, consisting of daidala (33 cm), gaha (30 cm), leko (28 cm), wopeli (26 cm) and wopetada (20 cm). as for the standard tones of gong musical instruments in a row are G2, B3, C4, E4b, and D4B. The sound of the gong instrument was recorded with a mobile phone and then analyzed using audacity software. The wave aspect of the sound was determined using the Fast Fourier Transform (FFT) method. The original sample of gong sound recorded with a mobile phone has a frequency range from the largest diameter gong to the smallest, namely 380.75 Hz, 480 Hz, 538 Hz, 632.375 Hz, 961 Hz. The intensity range of the gong musical instrument is -12.9 dB, -15.225 dB, -16.1 dB, -17.175 dB, -17.9375 dB, then with excel software obtained a graph of gong sound data in the form of intensity, frequency and noise graphs. After filtering the original sample of gong sound, which affects the quality of sound waves is the range of noise in the sound sample from data processing which is 0.15 dB, 0.025 dB, 0.475, 0.1375 dB, 0.8125 dB with a noise percentage of 15%, 3%, 47%, 14% 80%. Most of the noise percentage affects the original sound.

Keywords: *gong; original sample; audacity; fast fourier transform (fft) method; frequency; intensity; noise*

PENDAHULUAN

Gong merupakan salah satu alat musik tradisional Indonesia yang digunakan oleh masyarakat di Nusa Tenggara Timur (NTT). Gong pada umumnya sudah dikenal di Asia Tenggara dan Asia Timur. Di

NTT, Gong yang digunakan di suatu daerah berbeda dengan daerah yang lain. Perbedaannya terletak pada jumlah gong pada 1 instrumen Gong, ukuran, cara memainkan, dan penglaras Gong [1].

Umumnya penglaras instrumen Gong berkisar pada pentatonik pelog yang bernotasi do, re, mi, sol dan la. Penglaras yang dimiliki alat musik umum lainnya yang bernotasi diatonik terdiri dari nada do, re, mi, fa, sol, la, si dan do'. Proses pembuatan gong dilakukan secara manual yaitu ditempa. Proses ini menyebabkan frekuensi nada gong dikenakan secara bebas. Dengan demikian gong memiliki nada secara bebas dalam hal resonansi, warna nada dan amplitudo. Beberapa perbedaan ini menjadikan perkembangan musik timur menjadi tertinggal sehingga diperlukan penelitian yang dapat mendorong perkembangan musik timur [2].

Pada penelitian yang akan dilakukan oleh peneliti menggunakan instrumen Gong yang berasal dari kabupaten Sabu Raijua, Kecamatan Raijua dengan jenis gong yang diletakkan secara vertikal (gantung). Di daerah ini alat musik Gong (*Dere Iki*) digunakan dalam mengiringi tarian atau ritual adat. Alat musik ini terdiri dari beberapa varian bentuk gong berturut-turut dari yang besar ke yang kecil yaitu *Daidala, Gaha, Leko, Wo peheli dan Wo petada*. Permainan alat musik Gong (*Dere Iki*) dilakukan oleh tiga orang atau lebih pada satu set gong dan dimainkan perkusif dengan Tambur (*Dere Ae*) dalam mengiringi tarian. Tambur (*Dere Ae*) adalah alat musik sejenis Gendang yang terbuat dari batang kelapa dan kulit kerbau yang dikeringkan. Selain itu dalam tarian yang menggunakan alat musik gong biasanya mengenakan kerinci sebagai aksesoris yang menambah bunyi dalam suatu permainan alat musik gong.

Parameter atau aspek gelombang bunyi output pada alat musik Gong yang akan dikaji antara lain, frekuensi, intensitas bunyi, dan noise. Metode Metode Fast Fourier Transform (FFT) merupakan salah satu metode untuk transformasi sinyal suara dalam domain waktu menjadi sinyal dalam domain frekuensi, artinya proses perekaman suara disimpan dalam bentuk digital berupa gelombang spektrum suara yang berbasis frekuensi sehingga lebih mudah dalam menganalisa spektrum frekuensi suara yang telah direkam [3].

Dalam penelitian Muntaqo dkk [4] telah melakukan penelitian tentang analisis frekuensi pada gong laras slendro tujuan dari penelitiannya adalah untuk mengetahui frekuensi pada berbagai instrument gong yang peletakannya dengan cara digantung dari hasil analisis menunjukkan bahwa semakin besar diameter gong maka frekuensi fundamental yang dihasilkan semakin kecil.

Dalam penelitian Kaba dkk [5] telah melakukan penelitian tentang identifikasi aspek gelombang bunyi keluaran alat musik sasando tradisional dan sasando elektrik. Subjek penelitian ini adalah bunyi alat musik sasando tradisional dan sasando elektrik yang bertipe sasando biola dengan jumlah dawai 32. Bunyi alat musik sasando direkam dengan mikrofon Havit Straight M-80 dan dianalisis menggunakan perangkat lunak Wavepad sound editor. Dalam penelitian ini, mengangkat tentang rentan frekuensi dan intensitas bunyi pada alat musik Sasando tradisional dan Sasando elektrik.

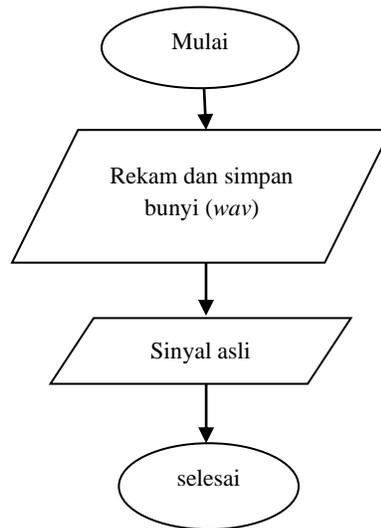
Tujuan dari penelitian ini yaitu mendapatkan sampel original bunyi pada masing-masing gong, menampilkan dan mengolah bunyi audio pada masing-masing gong dalam bentuk grafik, serta menganalisis gelombang bunyi audio pada masing-masing gong terkait dengan frekuensi, intensitas bunyi dan noise.

METODE

1. Tahapan pengambilan data

Proses pengambilan data diawali dengan memposisikan HP dan sound level meter pada posisi siap. Pada setiap gong, Hp dan sound level meter diletakan secara tepat didalam ruang resonansinya yaitu bagian belakang gong supaya intensitas bunyi yang ditangkap sesuai dengan yang diinginkan. Saat gong dipukul secara bersamaan diklik tombol rekam sampai gong berhenti berbunyi dan diklik tombol stop. Selanjutnya file tersebut disimpan dalam format *wav*. Perekaman suara dilakukan sebanyak 8 kali pengulangan untuk setiap gong. Pengulangan ini bertujuan untuk mendapatkan bunyi yang sesuai atau

mendekati nada standar atau nada yang akurat. Diagram alir tahap pengambilan datanya ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir pengambilan data

2. Sistem sampling data

Sistem sampling data diawali dengan merekam bunyi langsung dari masing-masing alat musik gong, yaitu dipukul tiap gong (satu per satu) sebanyak 8x dengan frekuensi rate yang sama (44,1 kHz) dan bunyinya ditangkap menggunakan HP dan sound level meter.

3. Penangkapan bunyi

Penangkapan bunyi dari alat musik gong menggunakan HP dan sound level meter dan pengolahan sampel bunyi dibantu dengan menggunakan perangkat lunak *Audacity*, lalu filenya disimpan dalam bentuk format file “*wav*”.

4. Tahapan pengolahan data

Pada tahap ini akan dilakukan proses pengolahan data lanjutan yaitu memfilter data suara menggunakan software *Audacity*. Tujuannya adalah menghilangkan noise/bising/derau akibat suara/bunyi yang tidak dikehendaki. Dan kemudian akan diperoleh output berupa intensitas bunyi sumber suara gong.

5. Proses FFT

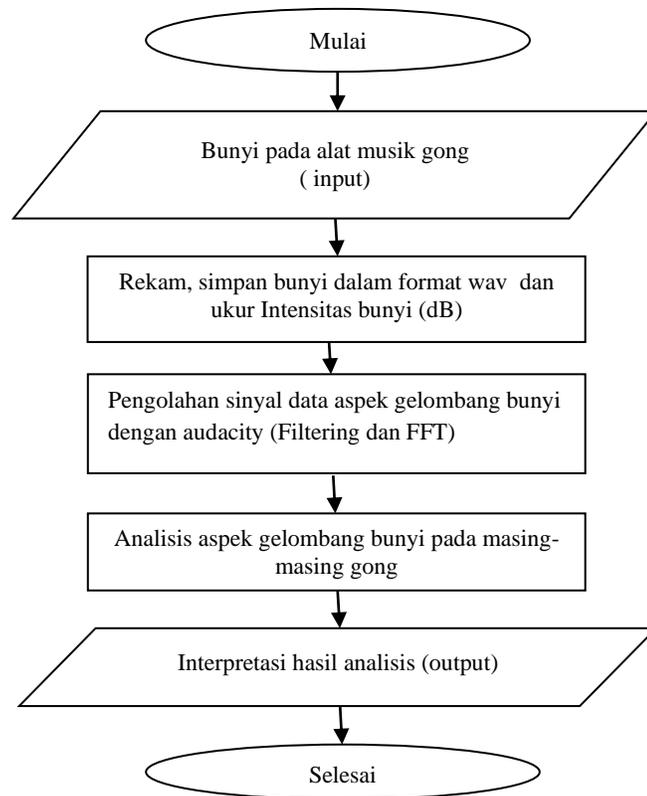
Proses FFT bertujuan untuk untuk mendapatkan frekuensi terhadap intensitas bunyi. File yang telah disimpan, kemudian ditransformasikan menggunakan metode *Fast Fourier Transform* (FFT), untuk mengubah sinyal bunyi berdomain waktu menjadi berdomain frekuensi menggunakan *Audacity Sound Editor*.

6. Analisa data

Analisa data aspek gelombang bunyi gong pada data asli dan data filtering pada parameter, frekuensi, intensitas bunyi dan noise.

Data-data yang diperoleh dari perekaman bunyi menggunakan perangkat lunak *Audacity* selanjutnya mentransformasikan sinyal bunyi yang masih berdomain waktu menjadi sinyal yang berdomain frekuensi dengan menggunakan FFT dan kemudian menghitung nilai, mengplot nilai

frekuensi yang domain waktu sebagai nilai frekuensi. Kemudian parameter aspek gelombang bunyi yang dianalisa dibandingkan antara masing-masing gong. Diagram alir penelitian ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

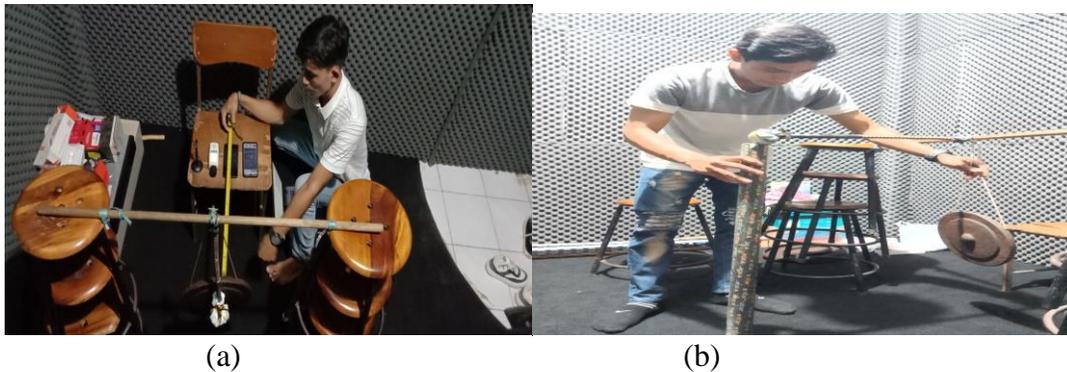
Penelitian ini menggunakan alat musik gong yang berasal dari Kabupaten Sabu Raijua, Kecamatan Raijua. Gong ini merupakan gong yang diletakan secara vertikal (gantung) dan terbuat dari logam (besi). Adapun alat musk gong dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Alat musik gong

Alat musik gong terdiri dari beberapa varian atau bentuk yang berbeda-beda berturut-turut dari yang besar ke yang kecil yaitu *Daidala* (33 cm), *Gaha* (30 cm), (*Leko* (28 cm), *Wo peheli* (26 cm) dan *Wo petada* (20 cm).

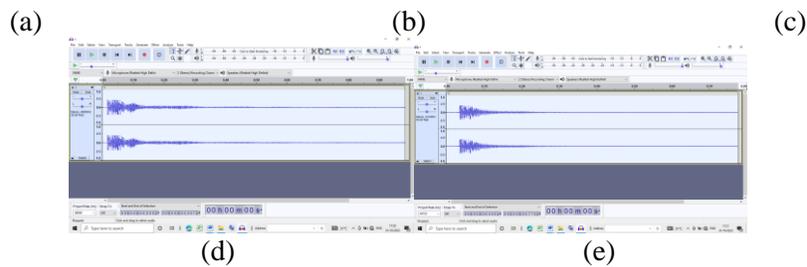
Proses pengambilan data rekaman bunyi dimulai dengan mengukur jarak antara hp dengan gong yaitu 50 cm dan jarak gong dan pemukul yaitu 90° . Adapun pengukuran jarak dapat dilihat pada gambar 4 berikut.



Gambar 4. Pengukuran jarak, (a). Jarak antara hp dengan gong. (b). Jarak antara pemukul dan gong

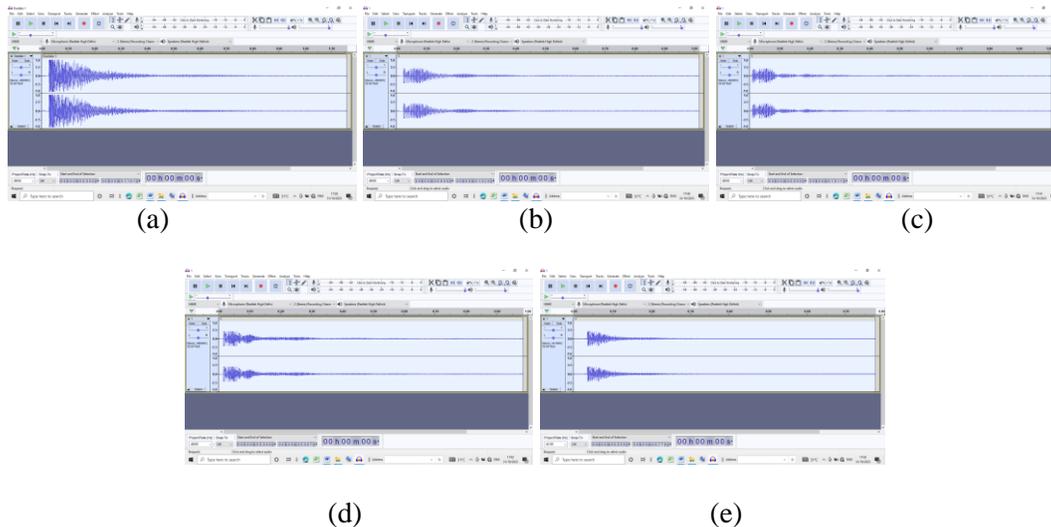
Pada proses pengambilan data rekaman bunyi gong harus dipukul tepat ditengah-tengah (pencu) karena disitu letak sumber bunyi yang paling bagus. Pada saat pencu dipukul dengan otomatis data suara akan direkam dengan hp, selanjutnya hasil rekaman diolah menggunakan *software audacity*. Hasil olahan bunyi original dari masing-masing gong dapat dilihat pada gambar 5 berikut.





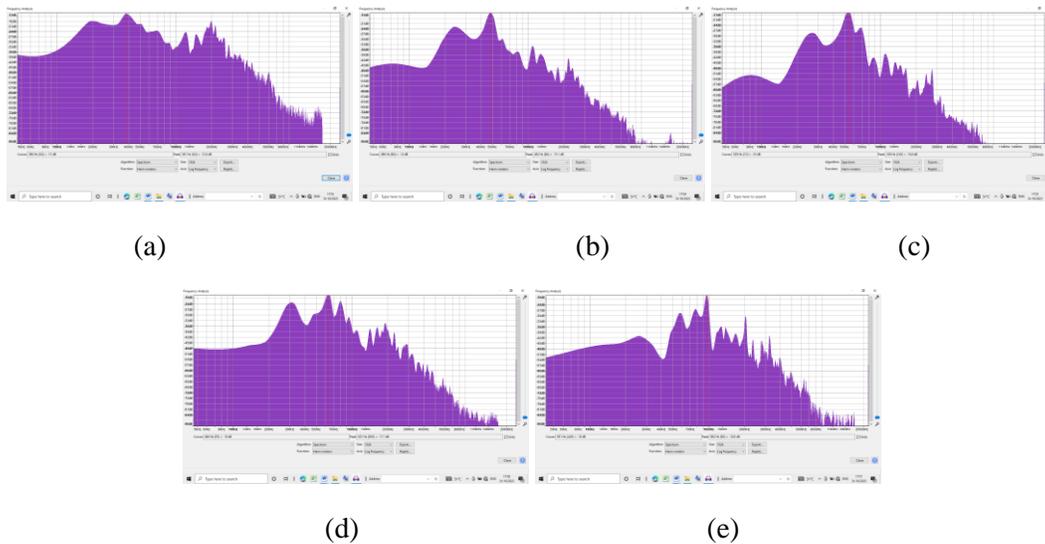
Gambar 5. Hasil olahan bunyi original dari masing-masing gong, (a). spektrum bunyi original gong daidala, (b). spektrum bunyi original gong gaha, (c). spektrum bunyi original gong leko, (d). spektrum bunyi original gong wo peheli, (e). spektrum original bunyi gong wo petada.

Langkah selanjutnya yaitu proses untuk menghilangkan noise pada semua data rekaman suara asli menggunakan *software audacity*, dikarenakan masih terdapat banyak noise. Untuk menghilangkan *noise* dilakukan beberapa filter menggunakan software tersebut, salah satu tools untuk menghilangkan *noise* pada software tersebut adalah *noise reduction*. Berikut hasil rekaman tanpa noise ditunjukkan pada gambar 6.



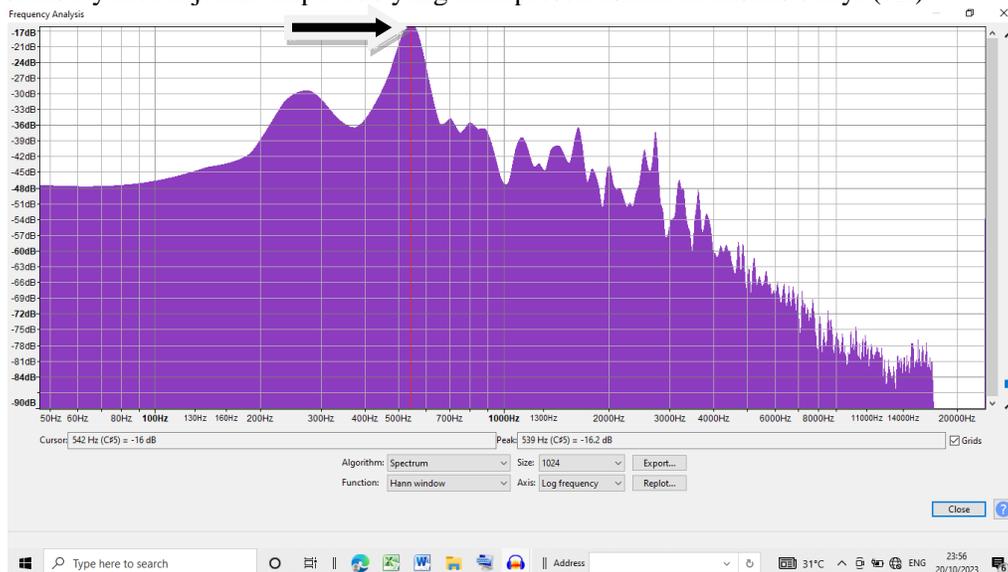
Gambar 6. Hasil rekaman tanpa noise untuk masing-masing gong, (a). spektrum bunyi filter gong daidala, (b). spektrum bunyi filter gong gaha, (c). spektrum bunyi filter gong leko, (d). spektrum bunyi filter gong wo peheli, (e). spektrum bunyi filter gong wo petada.

Berdasarkan gambar 6 dapat dilihat bahwa spektrum sinyal bunyi sasando masih berdomain waktu, artinya bahwa sinyal (amplitudo) berubah dari waktu ke waktu. Sumbu-y merupakan amplitudo dan sumbu-x merupakan waktu. Setelah data diperoleh dan disimpan dalam bentuk file audio yang berformatkan *wav*, selanjutnya data tersebut diolah menggunakan *software Audacity*. Spektrum sinyal hasil pengolahan data menggunakan metode FFT untuk masing-masing gong terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Spektrum bunyi hasil FFT menggunakan software audacity, (a). spektrum bunyi hasil FFT gong daidala, (b). spektrum bunyi hasil FFT gong gaha, (c). spektrum bunyi hasil FFT gong leko, (d). spektrum bunyi hasil FFT gong wo peheli, (e). spektrum bunyi hasil FFT gong wo petada.

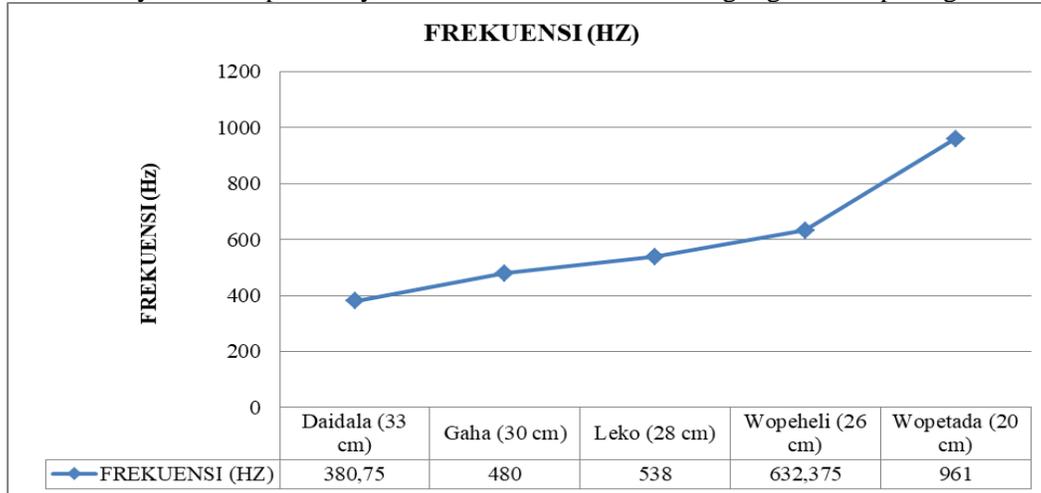
Pada penentuan frekuensi dari masing-masing data yaitu dengan melihat puncak grafik tertinggi pertama pada grafik sinyal yang telah berdomain frekuensi, pada puncak tersebut diletakan kursor maka didapatkan nilai frekuensi dan intensitas bunyinya. Puncak grafik tertinggi ini merupakan amplitudo maksimum dari bunyi gong yang dipukul. Gambar 8 menunjukkan penempatan kursor pada amplitudo maksimum untuk mendapatkan nilai frekuensi dan intensitas bunyi gong. Bunyi yang ditransformasikan dengan *Fast Fourier Transform* (FFT) telah berdomain frekuensi. Sumbu-x menunjukkan nilai frekuensi (Hz) dan sumbu-y menunjukkan amplitudo yang mempresentasikan intensitas bunyi (dB).



Gambar 8. Peletakan kursor untuk penentuan nilai frekuensi dan intensitas bunyi

Adapun acuan dari penentuan nilai frekuensi dari bunyi gong adalah tiap gong memiliki nilai frekuensi tertentu yang mempresentasikan satu nada. Untuk menentukan puncak mana yang menjadi nilai frekuensi gong yaitu dengan melihat amplitudo maksimumnya.

Berdasarkan eksperimen dalam penelitian ini, nilai frekuensi untuk setiap gong diperoleh dari proses FFT. Satuan dari ukuran frekuensi didefinisikan sebagai banyaknya siklus perdetik (cps). Nilai frekuensi dilihat dari letak amplitudo maksimum. Untuk delapan kali perulangan pemukulan tiap gong, nilai frekuensi tetap atau sama. Frekuensi yang diperoleh dalam eksperimen memiliki nilai koreksi terhadap frekuensi standar (A440). Nilai koreksi ini berbeda-beda untuk setiap gong. Dan nilai frekuensi tetap pada data bunyi asli maupun bunyi filter. Grafik nilai frekuensi gong terlihat pada gambar 9.

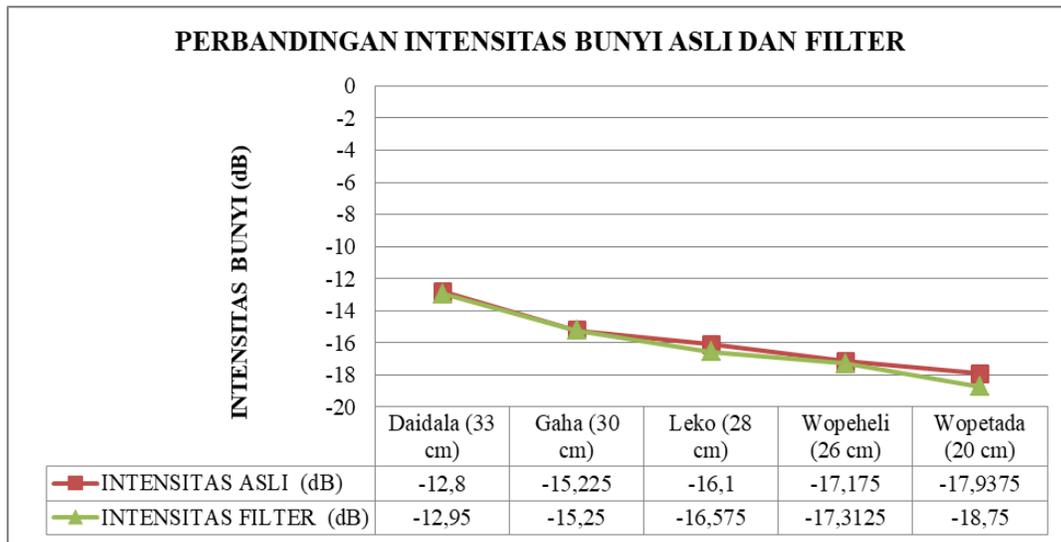


Gambar 9. Grafik frekuensi data asli alat musik gong

Berdasarkan grafik diatas frekuensi tertinggi diperoleh dari gong *wo petada* yang mempunyai diameter terkecil yaitu 20 cm, sedangkan frekuensi terendah diperoleh dari gong *daidala* yang mempunyai diameter 33 cm. Maka dapat disimpulkan bahwa makin besar diameter gong maka frekuensinya semakin kecil.

Untuk pengolahan data asli dan data filter alat musik gong dengan FFT berada pada rentang frekuensi yang sama untuk data asli dan data filter yaitu 380,75 Hz sampai 961 Hz, dan intensitas rata-rata untuk data asli dari -12,8 dB sampai -17,9375 dan data filter berada pada rentang intensitas rata-rata yaitu dari -12,95 sampai -18,75 dB. Dari 5 alat musik gong, frekuensi tertinggi terdapat pada gong *wo petada* dan frekuensi terendah terdapat pada gong *daidala*.

Terdapat perbedaan pada aspek intensitas bunyi diantara data bunyi asli dan data bunyi filter alat musik gong. Namun frekuensi bunyinya tetap sama. Artinya bahwa noise tidak mempengaruhi nilai frekuensi bunyi gong. Tetapi berbeda dengan nilai taraf intensitas bunyi yang berbeda sebelum dan sesudah pemfilteran, hasil nilai taraf intensitas berbeda dikarenakan pada pemfilteran noise, dilakukan perubahan kuat-nya suara pada data hasil perekaman berdasarkan pendengaran peneliti. Untuk data bunyi filter (tanpa noise) memiliki nilai intensitas yang lebih kecil dibandingkan data bunyi asli. Perbandingan nilai intensitas bunyi tersebut dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Perbandingan nilai intensitas bunyi data asli dan data filter pada alat musik gong

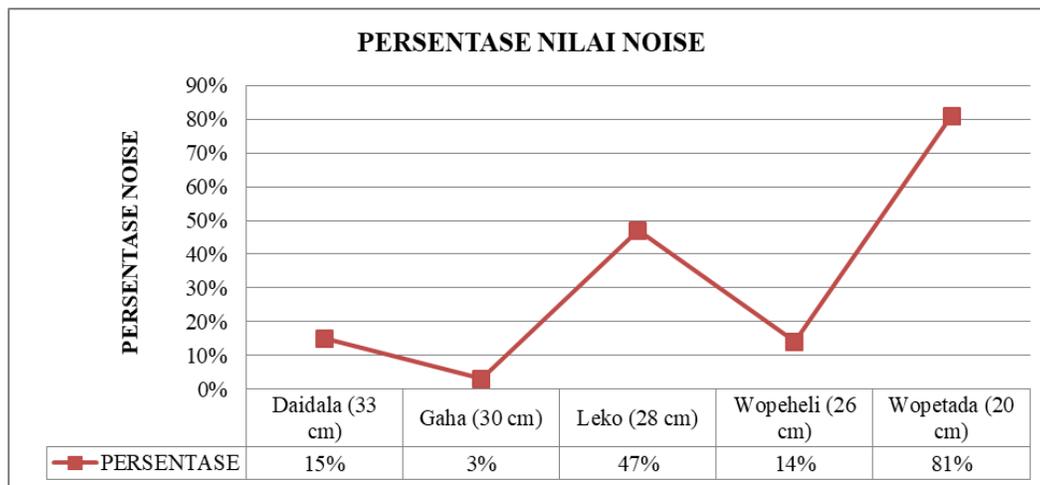
Data frekuensi dan intensitas dalam penelitian ini juga diperoleh dari proses FFT. Untuk setiap perulangan pemukulan gong memiliki nilai frekuensi dan intensitas yang berbeda-beda baik pada data bunyi asli maupun data bunyi filter. Hal ini disebabkan oleh kuat lemahnya pemukulan gong. Untuk itu dilakukan pencarian rata-rata nilai frekuensi dan intensitas bunyi tiap gong menggunakan microsoft excel.

Perbedaan nilai maksimum dan minimum antara data filter dan data asli disebabkan oleh proses filter noisanya. Noise pada setiap bunyi gong berbeda-beda sehingga pada saat reduksi noise maka penurunan nilai intensitasnya pun berbeda-beda. Parameter noise dalam penelitian ini adalah selisih nilai intensitas bunyi data asli dengan data filter. Setelah nilai intensitas rata-rata tiap gong diperoleh kemudian data asli dikurangi dengan data filter diperoleh selisihnya sebagai noise. Presentasi nilai noise terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Presentase nilai noise pada masing-masing alat musik gong

Nama gong	Noise
Daidala	15 %
Gaha	3%
Leko	47 %
Wopeheli	14 %
Wopetada	81 %

Grafik perbandingan nilai noise pada masing-masing gong ditunjukkan pada gambar 11. sumbu-x merupakan nama gong dan sumbu-y merupakan persentase noise alat musik gong.



Gambar 11. Grafik nilai noise alat musik gong

Berdasarkan grafik maka dapat disimpulkan bahwa noise pada gong *wo petada* lebih besar dibandingkan noise pada gong lainnya. Hal ini dikarenakan pengaruh kebisingan/derau lingkungan pada saat perekaman bunyi gong *wo petada*.

Pada proses penentuan nada untuk alat musik gong menggunakan *software soundcorset tuner and metronome* yang terinstal di handphone. Adapun nada yang dihasilkan dapat dilihat pada tabel 2 berikut :

Tabel 2. Penentuan nada untuk masing-masing alat musik gong

Nama Gong	Not Nada	Deret Nada	Bunyi Nada	Frekuensi
Daidala	5	G2	Sol	380,75
Gaha	7	B3	Si	480
Leko	1	C4	Do	538
Wo peheli	3	E4b	Mi	632,375
Wo petada	2	D4b	Re	961

Berdasarkan tabel diatas, nada untuk alat musik gong berbeda-beda tiap gong, adapun nada yang dihasilkan yaitu, untuk *daidala* deret nada yang dihasilkan G2 dengan bunyi nada *sol*, *gaha* deret nada B3 dengan bunyi nada *si*, *leko* deret nada C4 bunyi nada *do*, *wo peheli* deret nada E4b bunyi nada *mi* dan *wo petada* deret nada D4b bunyi nada *re*.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

Untuk mendapatkan sampel original bunyi gong yaitu dengan cara gong dipukul menggunakan kayu dan direkam menggunakan handphone kemudian dianalisis dengan software audacity yang sudah terinstal di laptop.

Untuk menampilkan dan mengolah bunyi audio alat musik gong dalam bentuk grafik yaitu dengan menggunakan microsoft excel.

Frekuensi yang dihasilkan oleh masing-masing alat musik gong berturut-turut dari gong yang diameter terbesar ke yang terkecil yaitu *daidala*, *gaha*, *leko*, *wopeheli*, *wopetada*, adalah 380,75 Hz, 480 Hz, 538 Hz, 632,375 Hz, 961 Hz dan intensitas bunyi untuk data asli alat musik gong berturut-turut yaitu -12,8 dB, -15,225 dB, -16,1 dB, -17,175 dB, -17,9375 dB untuk intensitas data filter berturut-turut yaitu -

12,95 dB, -15,25 dB, -16,575 dB, -17,3125 dB, -18,75 dB sedangkan untuk presentase noisenya yaitu 15%, 3 %, 47 %, 14 %, dan 81 %.

Berdasarkan hasil penelitian maka penulis menyampaikan beberapa saran: setelah diperoleh sampel original bunyi alat musik gong berupa rentang frekuensi dan intensitas bunyi, sinyal bunyi dapat dianalisis menggunakan aspek gelombang bunyi lainnya seperti panjang gelombang dan cepat rambat gelombang sedangkan untuk pengolahan data bunyi gong dapat digunakan software lain untuk memperoleh perbandingan hasil analisis gelombang bunyi dengan *software audacity*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Elu, A. R. A. (2019). *Gong Timor Dalam Upacara Ritual Tfua Ton Di Desa Napan Kefamenanu Provinsi Nusa Tenggara Timur (Kajian Fungsi Dan Makna)*. [http://lib.unnes.ac.id/40253/1/Upload Agustinus.pdf](http://lib.unnes.ac.id/40253/1/Upload%20Agustinus.pdf)
- [2] Carmeneja, Y., Siki, H., Pembimbing, D., Magister, P., Telematika, B. K., Elektro, J. T., & Industri, F. T. (2015). *Musik Gong Timor Menggunakan Short Time Fourier Transform Dan Continuous Wavelet Transform Comparison of Different Time-Frequency Music Gong Timor Using Short Time Fourier*.
- [3] Sipasulta, R. Y., Lumenta, A. S. M., & Sompie, S. R. U. A. (2014). Simulasi Sistem Pengacak Sinyal Dengan Metode Fft (Fast Fourier Transform). *E-Journal Teknik Elektro Dan Komputer*, 3(2), 1–9.
- [4] Muntaqo, R., Trisnowati, E., Sains, U., Quran, A., Sains, U., Quran, A., & Tidar, U. (2020). *Indonesian Journal of Science and Education*. 04, 48–56.
- [5] Kaba, M. A. J., Warsito, A., & Laponi, L. A. . (2020). Identifikasi Aspek Gelombang Bunyi Keluaran Alat Musik Sasando Tradisional Dan Sasando Elektrik. *Jurnal Fisika : Fisika Sains Dan Aplikasinya*, 5(2), 100–107. <https://doi.org/10.35508/fisa.v5i2.1960>

PROTOTYPE SISTEM MONITORING DAN KONTROL KUALITAS UDARA DALAM RUANGAN BERBASIS IOT

Abraham Frits Berepalay¹, Laura A. S. Lapono², Ali Warsito³, Andreas Christian Louk⁴
Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Jl. Adisucipto-Penfui, Kota Kupang, Nusa Tenggara Timur, Kode Pos 85148, Indonesia
E-mail: abrahamfritz26@gmail.com

Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang perancangan sebuah sistem yang dapat memonitor dan mengontrol kadar kualitas udara. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem dan mengetahui kemampuan sensor dalam mendeteksi parameter kualitas udara, serta menampilkan output pada web Firebase dan smartphone secara online dan berkala. Sistem ini terdiri dari sensor DHT22 sebagai pendeteksi suhu dan kelembaban udara, MQ-135 sebagai pendeteksi gas CO₂, MQ-7 sebagai pendeteksi gas CO, dan GP2Y1010AU0F sebagai pendeteksi kadar debu (PM₁₀). Display menggunakan LCD 20x4 dan aplikasi android, serta menggunakan relay untuk mengontrol air purifier dan air humidifier. Keseluruhan rangkaian tersebut dihubungkan ke mikrokontroler ESP32 sebagai pemroses data. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa unjuk kerja sistem kualitas udara indoor berbasis IoT telah berfungsi sesuai dengan yang diharapkan, yaitu saat sensor mendeteksi kualitas udara maka hasilnya diolah mikrokontroler agar dapat ditampilkan ke LCD dan aplikasi android. Jika hasil deteksi sensor melebihi batas normal, maka mikrokontroler akan mengontrol relay untuk menghidupkan air purifier dan air humidifier untuk mengurangi zat polutan dan menstabilkan kelembaban udara. Dilakukan pengujian dan kalibrasi terhadap masing-masing sensor, sehingga persentase error sensor MQ-135 sebesar 3,91% saat mengukur gas CO₂, sensor MQ-7 sebesar 55,06% saat mengukur gas CO, dan sensor GP2Y1010AU0F sebesar 8,71% saat mengukur PM₁₀.

Kata kunci: Kualitas udara, ESP32, Sensor DHT22, Sensor MQ-135, Sensor MQ-7, Sensor GP2Y1010AU0F

Abstract

Research has been conducted on designing a system that can monitor and control air quality levels. This research aims to design a system and determine the ability of sensors to detect air quality parameters, and display the output on the Firebase web and smartphone online and periodically. This system consists of DHT22 sensor as air temperature and humidity detector, MQ-135 as CO₂ gas detector, MQ-7 as CO gas detector, and GP2Y1010AU0F as dust (PM₁₀) detector. The display uses a 20x4 LCD and android application, and uses relays to control the air purifier and air humidifier. The whole circuit is connected to the ESP32 microcontroller as a data processor. Based on the test results, it can be seen that the performance of the IoT-based indoor air quality system has functioned as expected, namely when the sensor detects air quality, the results are processed by the microcontroller so that they can be displayed on the LCD and android application. If the sensor detection results exceed normal limits, the microcontroller will control the relay to turn on the air purifier and air humidifier to reduce pollutants and stabilize air humidity. Testing and calibration of each sensor is carried out, so that the percentage error of the MQ-135 sensor is 3.91% when measuring CO₂ gas, the MQ-7 sensor is 55.06% when measuring CO gas, and the GP2Y1010AU0F sensor is 8.71% when measuring PM₁₀.

Keywords: Air quality, ESP32, DHT22 Sensor, MQ-135 Sensor, MQ-7 Sensor, GP2Y1010AU0F Sensor

PENDAHULUAN

Adanya peningkatan kualitas hidup yang berkelanjutan, lingkungan pernapasan telah menjadi area penting yang menjadi perhatian para peneliti di abad ke-21. Banyak penelitian mengkonfirmasi bahwa udara dalam ruangan lebih mematikan daripada udara luar [1]. Kualitas udara dalam ruangan sangat berkaitan erat dengan kesehatan, kenyamanan, serta kesejahteraan penghuni ruangan. Saat kita menghabiskan 90% waktu di dalam ruangan, paparan berulang polusi udara dalam ruangan

mempengaruhi kinerja dan tingkat produktivitas [2]. Menurut *Environmental Protection Agency* (EPA), 40% dari waktu kita sehari, kita berada di dalam ruangan dalam rumah, kantor, supermarket, sekolah dan tempat umum lainnya. Penelitian membuktikan bahwa kualitas udara dalam ruangan tidak sepenuhnya terlepas dari kontaminasi bakteri, virus, debu dan lainnya [3].

Kualitas udara dalam ruangan (*indoor*) sangat dipengaruhi oleh aktivitas manusia dan material bahan bangunan seperti perilaku merokok dalam ruangan, penggunaan pestisida, sumber energi biomassa (seperti hewan ternak), penggunaan bahan kimia pembersih, serta penggunaan kosmetika. Bahan-bahan kimia tersebut dapat mengeluarkan polutan yang dapat bertahan dalam ruangan untuk jangka waktu yang cukup lama. Walaupun pada saat tertentu manusia dapat menggunakan indera untuk memperkirakan jika udara di lingkungan sekitarnya berada pada level normal dan tidak tercemar ataupun sebaliknya. Namun untuk melakukan pemantauan sekaligus pencegahan secara terus-menerus, manusia dibatasi oleh ruang dan waktu. Sehingga untuk melakukan monitoring dan kontrol secara *realtime* dan mendapatkan data mengenai kualitas udara dapat dilakukan dengan membangun suatu sistem monitoring dan kontrol berbasis mikrokontroler.

Penelitian terkait [4] tentang “Perancangan Sistem Monitoring Kualitas Udara dalam Ruangan Berbasis *Internet of Things* (IoT)”. Pada penelitian tersebut, sistem dapat mendeteksi gas-gas berbahaya seperti O_3 , PM_{10} , $PM_{2.5}$, CO , SO_2 , dan NO_2 yang dapat ditampilkan pada *platform* IoT. Penelitian ini hanya pada aspek monitoring/*displaying* dari parameter kualitas udara. Pada penelitian [5] tentang “Pembuatan Aplikasi Sistem Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruangan” dikembangkan sistem pemantauan kualitas udara dalam ruangan menggunakan *board* ESP32 dan empat sensor, yaitu MQ-135, MQ-2, MQ-8, dan MQ-9. Data yang dibaca dari sensor oleh *board* ESP32 dikirimkan melalui komunikasi *Bluetooth* ke sebuah *smartphone*. Sedangkan penelitian [6] tentang “Sistem Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruangan Menggunakan Mikrokontroler dan Aplikasi Android” mengembangkan sistem pemantauan kualitas udara menggunakan *board* Arduino Uno, modul *Bluetooth* HC-05, sensor gas MQ-135 (untuk mengukur kadar gas CO_2), dan sensor suhu LM35. Hasil pengukuran dikirimkan melalui komunikasi *Bluetooth* ke aplikasi pada *smartphone* untuk ditampilkan kepada pengguna.

Pada penelitian ini akan dirancang sistem monitoring sekaligus kontroling pada parameter kualitas udara dalam ruangan menggunakan IoT. Parameter yang diteliti adalah suhu dan kelembaban udara dengan sensor DHT22, kepekatan debu dengan sensor debu PM_{10} (GP2Y1010AU0F), kadar gas karbondioksida (CO_2) dengan sensor MQ-135, kadar gas karbon monoksida (CO) dengan sensor MQ-7. Mikrokontroler yang digunakan sebagai unit pusat kontrol adalah *board* ESP32 dan juga sebagai alat komunikasi dengan *wifi* secara *realtime*. Untuk menjaga kestabilan kualitas udara tetap terjaga, maka dilakukan pengontrolan terhadap kualitas udara tersebut menggunakan *air purifier* dan *air humidifier*.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan merancang sistem monitoring dan kontrol kualitas udara dalam ruangan berbasis IoT, Mengetahui kemampuan sensor dalam mendeteksi kadar gas CO_2 , CO , partikulat (PM_{10}), serta suhu dan kelembaban udara yang menjadi standar acuan untuk menentukan kualitas udara dalam ruangan, serta dapat menampilkan informasi output data yang dapat ditampilkan di *web Firebase* dan *smartphone* secara online dan berkala.

METODE

Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Fisika, Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana.

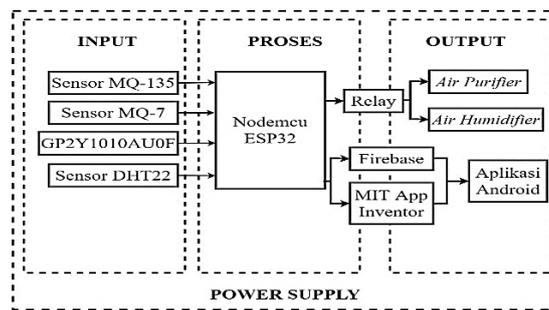
Peralatan dan Software

Peralatan dan software yang digunakan dalam penelitian ini adalah Laptop, Smartphone, Nodemcu ESP32, Module Relay 5V 2 Channel, Sensor MQ-135, Sensor MQ-7, Sensor DHT22, Sensor Debu GP2Y1010AU0F (PM_{10}), LCD I2C 20x4, Air Purifier, Air Humidifier Module 5V. Sedangkan software yang digunakan adalah Arduino IDE, Firebase, dan MIT App Inventor.

Blok Diagram Sistem

Blok diagram untuk sistem ini dikelompokkan menjadi 3 bagian yang meliputi *Input*, Proses, dan *Output*. Pada *input* terdiri dari beberapa sensor yang nanti akan mendeteksi kondisi kualitas udara yaitu sensor MQ-135 untuk mendeteksi gas CO_2 , sensor MQ-7 untuk mendeteksi gas CO , Sensor

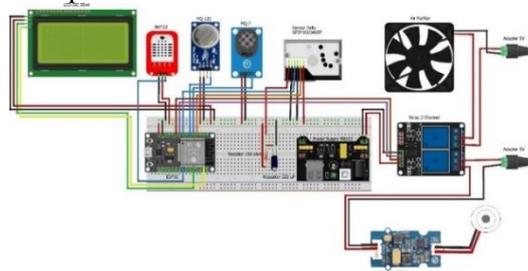
GP2Y1010AU0F untuk mendeteksi debu PM₁₀, dan sensor DHT22 untuk mendeteksi suhu dan kelembaban udara. Data yang diperoleh dari sensor-sensor tersebut akan diolah oleh ESP32 yang nanti akan menentukan *output* akan bekerja atau tidak. Untuk blok diagram sistem dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Rangkaian Konfigurasi Komponen Hardware

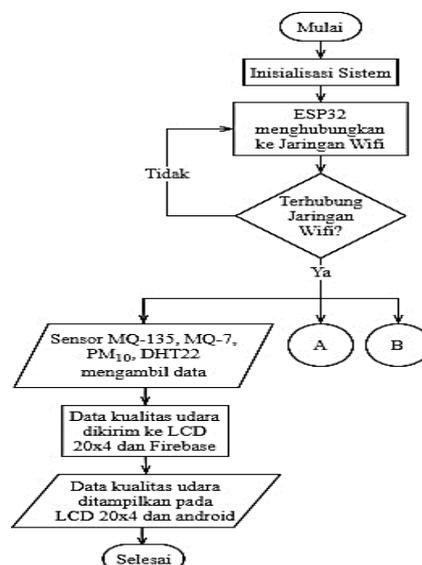
Rangkaian konfigurasi komponen-komponen terhadap PIN *input* dan *output* bertujuan untuk menentukan PIN pada ESP32 yang digunakan sesuai dengan fitur yang dibutuhkan komponen agar sistem dapat berfungsi sesuai dengan skenario yang diinginkan, serta untuk mempermudah dalam perancangan. konfigurasi pin komponen *hardware* secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 2.



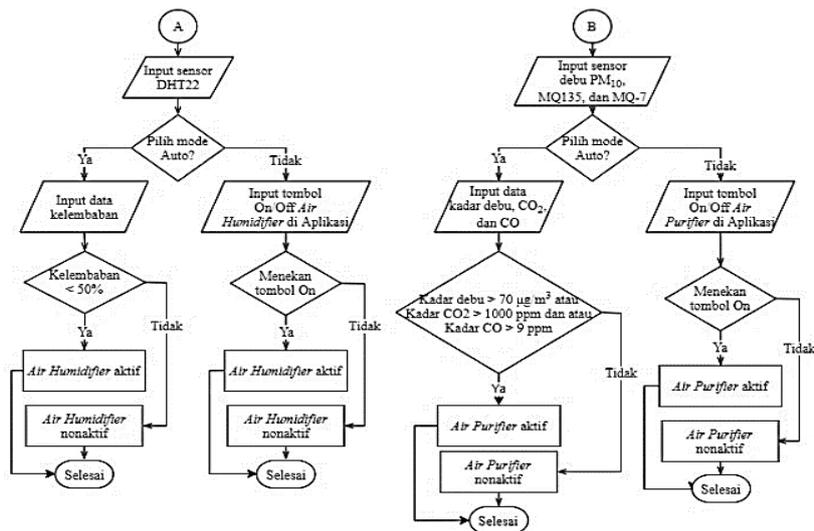
Gambar 2. Konfigurasi pin komponen hardware secara keseluruhan

Flowchart

Perancangan *software* yaitu membuat coding yang dapat mengendalikan seluruh komponen serta mengintegrasikan *hardware* dengan aplikasi android. Sebelum perancangan perangkat lunak, hal yang terpenting yaitu membuat skenario sistem perangkat lunak dengan membuat *flowchart*, pembuatan *flowchart* dilakukan agar perancangan lebih terarah dan lebih jelas. Proses kerja sistem sesuai dengan *flowchart* pada Gambar 3 dan 4.



Gambar 3. Flowchart Sistem Monitoring



Gambar 4. Flowchart Sistem Kontrol

Pengujian dan Kalibrasi

Tujuan dari pengujian alat adalah untuk mendapatkan data-data penelitian yang dapat menjadi sumber analisis. Pengujian alat ini dilakukan untuk menguji fungsi dari tiap-tiap komponen, apakah komponen sudah bekerja sesuai yang diharapkan atau belum.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Perancangan Sistem

Secara hardware perangkat telah dikemas dalam 1 box berdinging akrilik dengan ketebalan 2 mm serta memiliki dimensi 24 x 18 x 30 cm. Hasil perancangan prototipe sistem secara *hardware* dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil perancangan sistem

Hasil Perancangan Aplikasi Android

Berikut tampilan aplikasi android yang dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil Perancangan Aplikasi

Pengujian Sensor DHT22

Pengujian suhu dan kelembaban sensor DHT22 dilakukan sebanyak 3 kali di mana setiap pengujian dilakukan 10 kali pengambilan data untuk mengetahui kinerja sensor.

Tabel 1. Hasil Pengujian Suhu Sensor DHT22

No	DHT22 (°C)		
	Perc. 1	Perc. 2	Perc. 3
1	27,60	28,70	29,90
2	27,70	28,80	30,00
3	27,80	28,90	30,00
4	27,90	29,00	30,10
5	28,00	29,30	30,20
6	28,20	29,40	30,30
7	28,30	29,50	30,10
8	28,40	29,60	29,80
9	28,50	29,70	29,70
10	28,60	29,80	29,60

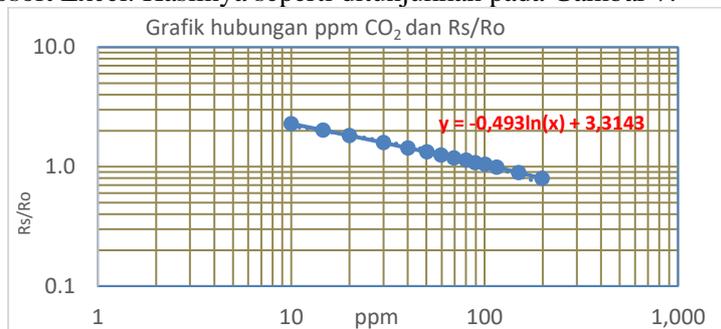
Setelah dilakukan pengujian suhu DHT22, maka selanjutnya dilakukan pengujian terhadap kelembaban DHT22.

Tabel 2. Hasil Pengujian Kelembaban Sensor DHT22

No	DHT22 (%)		
	Perc. 1	Perc. 2	Perc. 3
1	76,70	78,20	78,30
2	76,40	78,60	79,60
3	76,00	80,00	79,80
4	75,20	80,30	80,00
5	76,80	80,90	81,20
6	77,80	81,20	82,50
7	77,60	81,40	83,00
8	77,10	81,60	83,10
9	77,00	82,10	83,40
10	78,00	82,20	83,70

Pengujian Sensor MQ-135

Sebelum melakukan pendeteksian CO₂, dilakukan pengkalibrasian terlebih dahulu berdasarkan *datasheet*. Data plot titik perhubungan variabel-x (ppm CO₂) dan variabel-y (Rs/Ro) pada grafik CO₂ dapat diketahui dengan menggunakan aplikasi *WebPLotDigitizer*. Selanjutnya hubungan antara ppm CO₂ dan Rs/Ro dibuat dalam bentuk grafik untuk dicari persamaan atau model matematisnya menggunakan Microsoft Excel. Hasilnya seperti ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik hubungan ppm CO₂ dan Rs/Ro

Dengan menggunakan *trendline* logaritma di Microsoft Excel maka diperoleh hubungan antara ppm CO₂ dan Rs/Ro, yang dapat dilihat pada persamaan (1)

$$y = -0,493 \ln(x) + 3,3143 \quad (1)$$

Setelah diperoleh diperoleh nilai a = 3,3143 dan b = - 0,493, maka nilai ppm CO₂ dapat diperoleh menggunakan persamaan (2) dan (3).

$$Ro = \frac{Rs}{3,3143 - 0,493 \ln(ppm)} \quad (2)$$

$$ppm = e^{\frac{\left(\frac{Rs}{Ro}\right) - 3,3143}{-0,493}} \quad (3)$$

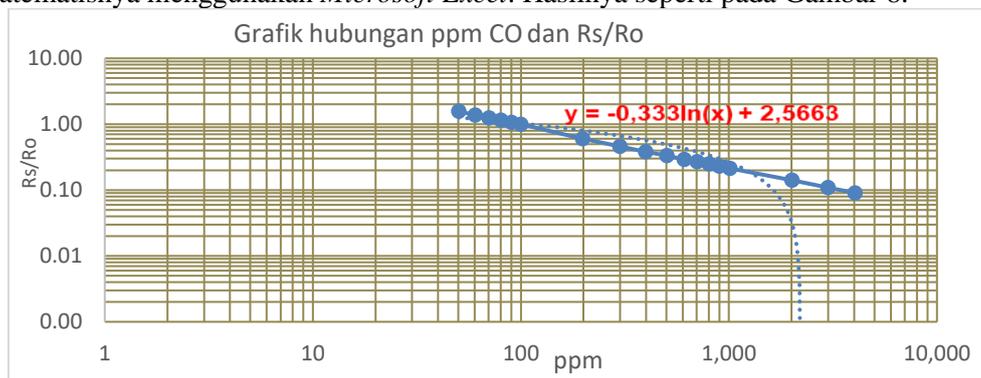
Pengujian sensor MQ-135 dilakukan dengan memberikan zat polutan berupa asap. Pengujian ini dilakukan sebanyak 3 kali di mana setiap pengujian dilakukan 10 kali pengambilan data untuk mengetahui kinerja sensor. Adapun proses pengujian sensor MQ-135 dibandingkan dengan alat ukur *Air Quality Detector Display 6 in 1*. Hasil dari pengujian dan kalibrasi sensor MQ-135 untuk mengetahui nilai *error* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor MQ-135

No	Percobaan 1			Percobaan 2			Percobaan 3		
	MQ-135 (ppm)	Air Quality Detector (ppm)	Error (%)	MQ-135 (ppm)	Air Quality Detector (ppm)	Error (%)	MQ-135 (ppm)	Air Quality Detector (ppm)	Error (%)
1	419,88	405,00	3,67	402,09	403,00	0,23	410,45	405,00	1,35
2	420,25	406,00	3,51	405,33	408,00	0,65	415,58	410,00	1,36
3	420,99	407,00	3,44	408,53	409,00	0,11	418,93	411,00	1,93
4	423,74	410,00	3,35	410,60	411,00	0,10	420,62	412,00	2,09
5	427,59	414,00	3,28	411,58	420,00	2,00	427,49	419,00	2,03
6	429,50	417,00	3,00	428,51	453,00	5,41	430,72	420,00	2,55
7	434,94	425,00	2,34	456,79	459,00	0,48	453,39	488,00	7,09
8	439,52	452,00	2,76	458,65	464,00	1,15	511,19	524,00	2,44
9	442,34	510,00	13,27	506,43	557,00	9,08	601,33	630,00	4,55
10	450,55	540,00	16,56	558,94	652,00	14,27	764,38	790,00	3,24
	Rata-rata Error		5,52	Rata-rata Error		3,35	Rata-rata Error		2,86
Error = 3,91 %									

Pengujian Sensor MQ-7

Hubungan antara ppm CO dan R_s/R_o dibuat dalam bentuk grafik untuk dicari persamaan atau model matematisnya menggunakan *Microsoft Excel*. Hasilnya seperti pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik hubungan ppm CO dan R_s/R_o

Kalibrasi sensor MQ-7 pada dasarnya sama dengan kalibrasi pada sensor MQ-135 yaitu dengan cara menentukan nilai ADC untuk diubah ke satuan ppm.

Dengan menggunakan *trendline* logaritma maka diperoleh hubungan antara ppm CO dan R_s/R_o , yang dapat dilihat pada persamaan (4)

$$y = -0,333 \ln(x) + 2,5663 \quad (4)$$

Setelah diperoleh diperoleh nilai $a = 2,5663$ dan $b = -0,333$, maka nilai ppm CO dapat diperoleh menggunakan persamaan (5) dan (6).

$$Ro = \frac{Rs}{2,5663 - 0,333 \ln(ppm)} \quad (5)$$

$$ppm = e^{\frac{(\frac{Rs}{Ro}) - 2,5663}{-0,333}} \quad (6)$$

Pengujian sensor MQ-7 dilakukan dengan memberikan zat polutan berupa asap. Pengujian ini dilakukan sebanyak 3 kali di mana setiap pengujian dilakukan 10 kali pengambilan data untuk mengetahui kinerja sensor. Adapun proses pengujian sensor MQ-7 dibandingkan dengan alat *Air Quality Detector Display 6 in 1*. Hasil dari pengujian dan kalibrasi sensor MQ-7 untuk mengetahui nilai *error* dapat dilihat pada Tabel 4.

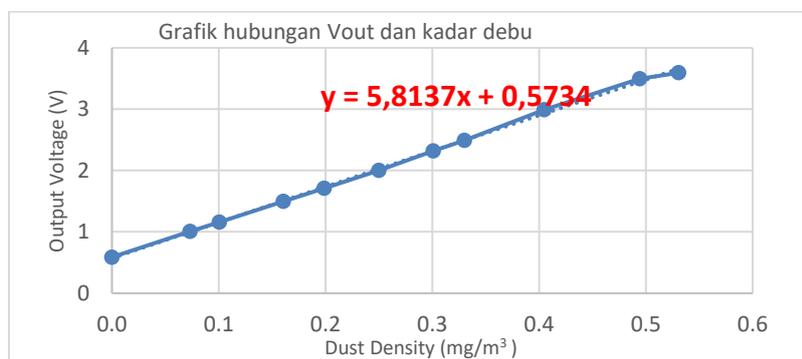
Tabel 4. Hasil Pengujian Sensor MQ-7

No	Percobaan 1			Percobaan 2			Percobaan 3		
	MQ-7 (ppm)	Air Quality Detector (ppm)	Error (%)	MQ-7 (ppm)	Air Quality Detector (ppm)	Error (%)	MQ-7 (ppm)	Air Quality Detector (ppm)	Error (%)
1	0,33	1,00	67,00	0,51	1,00	49,00	0,28	1,00	72,00
2	0,65	1,00	35,00	1,79	2,00	10,50	0,99	1,00	1,00
3	1,07	3,00	64,33	2,25	2,00	12,50	1,35	1,00	35,00
4	1,31	5,00	73,80	2,41	4,00	39,75	4,39	4,00	9,75
5	2,89	7,00	58,71	4,36	9,00	51,56	6,92	8,00	13,50
6	3,27	11,00	70,27	7,88	19,00	58,53	8,87	18,00	50,72
7	5,09	17,00	70,06	10,72	37,00	71,03	11,57	35,00	66,94
8	8,79	25,00	64,84	12,08	43,00	71,91	13,94	60,00	76,77
9	11,74	39,00	69,90	15,44	50,00	69,12	15,10	94,00	83,94
10	15,63	72,00	78,29	20,58	68,00	69,74	20,52	152,00	86,50
	Rata-rata Error		65,52	Rata-rata Error		50,36	Rata-rata Error		49,61
Error = 55,06 %									

Dari hasil perbandingan dari nilai kadar gas CO pada sistem dengan alat terstandarisasi menunjukkan bahwa sistem sudah dapat membaca nilai konsentrasi gas CO dengan nilai satuan ppm dengan baik. Walaupun nilai *error* pada saat tertentu masih cukup jauh. Hal ini mungkin alat yang menjadi pembanding memiliki resolusi yang lebih baik.

Pengujian Sensor GP2Y1010AU0F (PM₁₀)

Untuk mendapatkan suatu persamaan linear antara tegangan keluaran dan Dust Density, grafik dari *datasheet* perlu untuk dirubah menjadi suatu grafik dengan menggunakan *Microsoft Excel*. Sehingga didapatkan hasil seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik hubungan Vout dan kadar debu

Dengan menggunakan *trendline* linear maka diperoleh persamaan linear yang ditunjukkan pada persamaan (7).

$$y = 5,8137x + 0,5734 \quad (7)$$

Dengan x kepekatan debu dalam satuan mg/m³ dan y tegangan output. Pada penelitian ini, satuan yang digunakan untuk kepekatan debu adalah µg/m³. Persamaan dan konversinya bisa dilihat pada persamaan (8), (9), dan (10).

$$Vout = 5,8137(Dust) + 0,5734 \quad (8)$$

$$Dust (mg/m^3) = \frac{V_{out} - 0,5734}{5,8137} \quad (9)$$

$$Dust (\mu g/m^3) = \frac{V_{out} - 0,5734}{5,8137} \times 1000 \quad (10)$$

Pengujian sensor GP2Y1010AU0F dilakukan dengan memberikan zat polutan berupa debu rokok. Pengujian ini dilakukan sebanyak 3 kali di mana setiap pengujian dilakukan 10 kali pengambilan data untuk mengetahui kinerja sensor. Adapun proses pengujian sensor GP2Y1010AU0F dibandingkan dengan alat *Air Quality Detector Display 6 in 1*. Hasil dari pengujian dan kalibrasi sensor GP2Y1010AU0F untuk mengetahui nilai *error* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian Sensor GP2Y1010AU0F

No	Percobaan 1			Percobaan 2			Percobaan 3		
	GP2Y10 10AU0F ($\mu g/m^3$)	<i>Air Quality Detector</i> ($\mu g/m^3$)	<i>Error</i> (%)	GP2Y10 10AU0F ($\mu g/m^3$)	<i>Air Quality Detector</i> ($\mu g/m^3$)	<i>Error</i> (%)	GP2Y10 10AU0F ($\mu g/m^3$)	<i>Air Quality Detector</i> ($\mu g/m^3$)	<i>Error</i> (%)
1	28,36	30,00	5,47	29,73	27,00	10,11	27,13	26,00	4,35
2	27,40	26,00	5,38	29,18	27,00	8,07	25,90	26,00	0,38
3	26,72	27,00	1,04	28,91	30,00	3,63	28,50	26,00	9,62
4	27,68	26,00	6,46	31,10	30,00	3,67	25,35	28,00	9,46
5	27,54	26,00	5,92	29,05	34,00	14,56	29,50	32,00	7,81
6	29,05	27,00	7,59	34,59	35,00	1,17	36,47	45,00	18,96
7	32,54	34,00	4,29	40,27	39,00	3,26	48,51	56,00	13,38
8	49,45	54,00	8,43	45,90	49,00	6,33	60,02	70,00	14,26
9	62,13	76,00	18,25	58,36	65,00	10,22	76,92	83,00	7,33
10	80,40	103,00	21,94	77,20	90,00	14,22	89,21	106,00	15,84
	Rata-rata <i>Error</i>		8,48	Rata-rata <i>Error</i>		7,52	Rata-rata <i>Error</i>		10,14
	<i>Error</i> = 8,71 %								

Pengujian Air Purifier

Pengujian *air purifier* dilakukan dengan memasukkan prototipe sistem yang sudah terdapat *air purifier*, sensor MQ-135, MQ-7, dan GP2Y1010AU0F kedalam box berukuran 38 cm x 30 cm x 25 cm. Tujuannya agar bisa mengetahui kinerja *air purifier* ketika menurunkan kadar zat polutan berupa asap pada ruangan berskala kecil.

Tabel 6. Hasil Pengujian Air Purifier

No	MQ-135 (ppm) (NAB: 1000 ppm)	MQ-7 (ppm) (NAB: 9 ppm)	GP2Y10 10AU0F ($\mu g/m^3$) (NAB: 70 $\mu g/m^3$)	<i>Air Purifier</i>
1	406,82	1,80	29,05	<i>Off</i>
2	544,28	2,53	31,10	<i>Off</i>
3	587,87	2,77	56,72	<i>Off</i>
4	673,48	2,98	63,75	<i>Off</i>
5	872,69	4,45	75,22	<i>On</i>
6	1010,82	7,78	83,16	<i>On</i>
7	1099,38	9,54	95,35	<i>On</i>
8	1112,73	10,36	104,67	<i>On</i>
9	1339,14	10,68	108,92	<i>On</i>
10	1606,32	24,06	138,10	<i>On</i>

Berdasarkan hasil pengujian seperti yang terlihat pada Tabel 6, kinerja *air purifier* efektif dalam menurunkan kadar polutan (PM₁₀, CO₂, dan CO). *Air purifier* terbukti dapat menurunkan kadar zat polutan di dalam box container berukuran 38 cm x 30 cm x 25 cm dengan optimal.

Pengujian Air Humidifier

Pengujian *air humidifier* dilakukan dengan menurunkan kelembaban udara dalam ruangan yang terbaca pada sensor DHT22.

Tabel 7. Hasil Pengujian Air Humidifier

No	DHT22 (%) (NAB: <50%)	Air Humidifier
1	81,52	Off
2	73,20	Off
3	68,70	Off
4	66,90	Off
5	44,70	On
6	47,60	On
7	51,60	Off
8	54,90	Off
9	60,30	Off
10	64,10	Off

Berdasarkan hasil pengujian seperti yang terlihat pada Tabel 7, kinerja air humidifier sangat efektif dalam menaikkan kelembaban udara ke kondisi normal.

Samplng dan Analisis Data

Setelah dilakukan pengujian per blok bagian kemudian dilakukan proses pengambilan data secara keseluruhan.

Tabel 8. Hasil Sampling Data

No	DHT 22 (°C)	DHT 22 (%) (NAB: 50%)	Air Humidi fier	MQ-135 (ppm) (NAB: 1000 ppm)	MQ-7 (ppm) (NAB: 9 ppm)	GP2Y10 10AU0F ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (NAB: 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Air Purifier
1	32,20	60,80	Off	444,97	1,53	30,20	Off
2	32,20	61,30	Off	456,59	1,60	30,28	Off
3	32,10	61,40	Off	471,88	1,69	30,55	Off
4	32,00	61,60	Off	659,33	2,70	85,63	On
5	36,40	60,60	Off	696,11	2,88	92,48	On
6	34,00	58,30	Off	1111,91	5,98	121,93	On
7	37,20	52,70	Off	1157,19	6,01	122,34	On
8	42,80	43,90	On	1240,30	6,21	124,81	On
9	39,20	47,80	On	1476,62	7,05	128,78	On
10	37,30	51,30	Off	1905,18	7,48	123,30	On

Berdasarkan hasil sampling data seperti pada Tabel 8, *air purifier* akan *on* ketika kadar gas CO₂ yang dideteksi sensor MQ-135 lebih dari 1000 ppm atau ketika kadar gas CO yang dideteksi sensor MQ-7 lebih dari 9 ppm atau juga ketika kadar kepekatan debu PM₁₀ yang dideteksi sensor GP2Y1010AU0F. *Air purifier* yang digunakan berfungsi untuk mengurangi asap dalam ruangan sehingga kadar gas CO₂, CO, dan debu PM₁₀ menurun. Sedangkan *air humidifier* akan *on* ketika kelembaban udara yang dideteksi sensor DHT22 kurang dari 50%. Penggunaan *air humidifier* digunakan agar kelembaban udara dalam ruangan tetap terjaga dan dalam kondisi normal.

Uji setpoint pada sensor MQ-7 dan MQ-135 terkait respon sistem *controlling* IoT pada air purifier dan air humidifier memberikan delay rata-rata 8 detik pada 5 kali percobaan.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis data yang telah dilakukan, maka perangkat keras Prototipe Sistem Monitoring dan Kontrol Kualitas Udara dalam Ruangan Berbasis IoT telah berhasil dibuat dengan menggabungkan beberapa komponen dan rangkaian, diantaranya: catu daya sebagai sumber tegangan; Sensor DHT22, sensor MQ-135, MQ-7, dan GP2Y1010AU0F sebagai input, rangkaian relay untuk menghidupkan *air purifier* dan *air humidifier*, serta menggunakan LCD dan aplikasi android sebagai penampil hasil deteksi sensor. Setiap rangkaian dan komponen tersebut dihubungkan ke mikrokontroler Nodemcu ESP32 sebagai pusat kendali.

Secara keseluruhan kemampuan sensor yang digunakan dalam proyek akhir telah bekerja dengan baik. Pada sensor MQ-135 saat mendeteksi gas CO₂ mempunyai rata-rata *error* 3,91% dan sensor MQ-7 memiliki rata-rata *error* 55,06% saat mendeteksi gas CO, sedangkan sensor GP2Y1010AU0F memiliki rata-rata *error* 2.25% saat mendeteksi kepekatan debu PM₁₀.

Informasi output data pada *web firebase*, aplikasi android, dan LCD dapat ditampilkan secara online dan berkala. Sehingga Persentase tingkat kesesuaian data pada sistem bernilai 100%. Rata-rata respon sistem sebesar 8 detik.

. Pada penelitian ini hanya mengukur beberapa parameter kualitas udara seperti suhu dan kelembaban udara, CO₂, CO, dan PM₁₀ untuk kedepannya parameter kualitas udara bisa ditambahkan lagi seperti Nitrogen Dioksida (NO₂), Sulfur Dioksida (SO₂) Ozon (O₃), dan Hidrokarbon (HC) yang mempengaruhi kualitas udara agar data hasil dari pengukuran lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Cincinelli and T. Martellini, "Indoor air quality and health," *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 14, no. 11. MDPI, Nov. 2017. doi: 10.3390/ijerph14111286.
- [2] J. Saini, M. Dutta, and G. Marques, "A comprehensive review on indoor air quality monitoring systems for enhanced public health," *Sustainable Environment Research*, vol. 30, no. 1. 2020. doi: 10.1186/s42834-020-0047-y.
- [3] Centers for Disease Control and Prevention, "Healthy housing reference manual," *U.S. Dep. Heal. Hum. Serv.*, 2006.
- [4] G. C. Rumampuk, V. C. Poekoel, and A. M. Rumagit, "Perancangan Sistem Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruangan Berbasis IoT," *J. Tek. Inform.*, vol. 17, no. 1, pp. 11–18, 2022.
- [5] G. C. Ulaan, V. C. Poekoel, and A. H. J. Ontowirjo, "Pembuatan Aplikasi Sistem Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruangan," *J. Tek. Inform.*, vol. 17, no. 1, 2022.
- [6] M. S. Novelan, "Sistem Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruangan Menggunakan Mikrokontroler dan Aplikasi Android," *InfoTekJar J. Nas. Inform. dan Teknol. Jar.*, vol. 4, no. 2, 2020.

ANALISIS IMPLEMENTASI SMARTPHONE ANDROID DAN MODUL ESP32-CAM UNTUK SISTEM ABSENSI MENGGUNAKAN FACE RECOGNITION

Yuyun Hana Natbais, Ali Warsito, Jonshon Tarigan, Ari Bangkit Sanjaya Umbu
Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Jl. Adisucipto Penfui, Kota Kupang,
85001, Indonesia
E-mail: yuyunnatbais01@gmail.com

Abstrak

Sistem absensi merupakan tata cara sebuah instansi untuk melakukan pencatatan kehadiran seseorang. Salah satu tantangan yang sering muncul dalam melakukan absensi adalah terjadinya kecurangan terutama dalam perkuliahan, karena sistem absensi yang digunakan masih manual. Berdasarkan permasalahan tersebut, dibuat sebuah aplikasi yang diberi nama *Presence Record by Face* untuk absensi dengan mengimplementasikan teknologi biometrik *Face Recognition* yang memanfaatkan model pengenalan wajah *FaceNet* dan *mobile FaceNet*. Model pengenalan wajah ini berbasis *deep learning*, menggunakan jaringan saraf tiruan *Convolution Neural Network (CNN)* untuk mengekstraksi fitur wajah yang unik sehingga menghasilkan vektor *embedding* yang memungkinkan perbandingan dan pengenalan wajah dengan akurasi tinggi. Berdasarkan hasil pengujian yang diperoleh menggunakan modul *ESP32-Cam* yang memiliki resolusi *2MP*, aplikasi absensi yang sudah dibuat berhasil melakukan pengenalan gambar wajah termasuk pengambilan gambar wajah dari samping, pengambilan gambar wajah menggunakan masker dan kacamata serta pengambilan gambar wajah pada anak kembar. Aplikasi memiliki tingkat akurasi pengenalan wajah sebesar *100%*, dengan jarak maksimal pengambilan gambar *2 meter*. Meskipun semua data absensi berhasil disimpan di *Firestore*, aplikasi belum berhasil memanggil kembali *embedding* wajah yang tersimpan di *Firestore* sehingga untuk pengenalan wajah aplikasi lebih mengandalkan penyimpanan lokal, dimana *83%* data absensi disimpan di *Firestore* dan *17%* data absensi menggunakan penyimpanan lokal.

Kata kunci: *Android Studio, ESP32-Cam, Firestore, FaceNet, dan Mobile FaceNet.*

Abstract

An attendance system is a method employed by an organization to record an individual's presence. One of the recurring challenges in attendance tracking, particularly in educational settings, is the occurrence of dishonesty due to the continued use of manual attendance systems. To address this issue, an application named "*Presence Record by Face*" was developed to implement *Face Recognition* biometric technology, utilizing the *FaceNet* and *mobile FaceNet* face recognition models. This face recognition model is based on *deep learning* and employs *Convolutional Neural Networks (CNN)* to extract unique facial features, resulting in *embedding* vectors that allow for high-accuracy facial comparison and recognition. Through testing with the *ESP32-Cam* module with a *2MP* resolution, the developed attendance application successfully recognized facial images, including side profiles, images with masks and glasses, and even those of identical twins, achieving a *100%* facial recognition accuracy with a maximum image capture distance of *2 meters*. While all attendance data is stored in *Firestore*, the application currently faces a challenge in retrieving stored facial *embeddings* from *Firestore*, thus relying more on local storage, with *83%* of attendance data being saved in *Firestore* and *17%* using local storage.

Keywords: *Android Studio, ESP32-Cam, Firestore, FaceNet, Mobile FaceNet.*

PENDAHULUAN

Absensi sebagai pencatatan kehadiran individu di sebuah instansi, memiliki peran penting dalam pengelolaan sumber daya manusia (*Human Resource Management*). Penggunaan absensi di bagi menjadi absensi manual, di mana penerapannya berupa tanda tangan dengan pena, dan absensi non-manual, yang

mengandalkan teknologi komputerisasi [1]. Data absensi menjadi tolak ukur keaktifan seseorang di dalam sebuah instansi. Namun, baik absensi manual maupun absensi non-manual masih memiliki kekurangan, seperti potensi manipulasi data dan jika dalam perkuliahan keterlibatan dosen masih diperlukan dalam memverifikasi kehadiran.

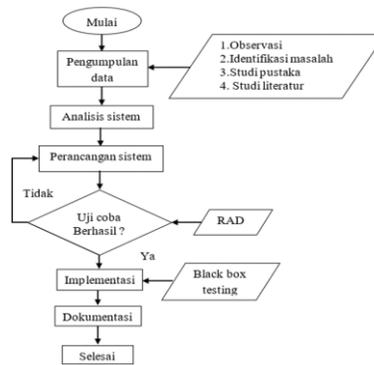
Teknologi biometrik telah menjadi salah satu inovasi yang memungkinkan autentikasi dengan tingkat akurasi tinggi melalui karakteristik fisiologis manusia. Beberapa metode dalam teknologi biometrik, seperti penggunaan sidik jari (*finger print*), penggunaan retina mata serta DNA, telah berhasil menggunakan karakteristik fisik dan perilaku manusia untuk tujuan autentikasi. Karakteristik fisik seperti sidik jari, siluet tangan, pola wajah, pola gigi, dan iris mata diketahui memiliki kestabilan lebih tinggi, sementara karakteristik perilaku seperti tanda tangan dan pola ucapan, memiliki dasar fisiologis yang relatif stabil namun dapat dipengaruhi oleh faktor psikologis [2].

Face recognition menggunakan wajah secara keseluruhan, ekstraksi fitur wajah, dan memiliki kemampuan mengenali wajah melalui video *real-time*. Oleh karena itu, dalam upaya mengatasi permasalahan absensi manual, penulis membuat sebuah aplikasi yang diberi nama *Presence Record by Face*. Aplikasi ini mengimplementasikan teknologi biometrik *face recognition* dengan memanfaatkan model pengenalan wajah FaceNet dan mobile FaceNet. Model pengenalan wajah ini berbasis *deep learning*, menggunakan *Convolution Neural Network (CNN)* untuk mengekstraksi fitur wajah unik, menghasilkan vektor embedding yang memungkinkan pengenalan wajah dengan akurasi tinggi. Tujuan penelitian ini ada tiga yaitu, yang pertama mengetahui bagaimana membangun sistem absensi yang memanfaatkan teknologi biometrik fisiologis manusia yaitu pengenalan wajah atau *Face recognition* berbasis android. Tujuan yang ke-2, mengetahui bagaimana mengimplimentasikan modul ESP32-Cam dengan software Android Studio untuk membangun sistem absensi. Tujuan ke-3 mengetahui bagaimana akurasi hasil deteksi objek menggunakan modul ESP32-Cam.

Penelitian mengenai identifikasi wajah atau *face recognition* telah banyak dilakukan, seperti penelitian oleh [3] yang menggunakan Raspberry Pi untuk membuat sistem absensi kelas dengan metode Lokal Binary Pattern (LBP). Penelitian ini berhasil mengenali wajah dua mahasiswa pertama, tetapi gagal mendeteksi dan mengenali wajah mahasiswa ke-3 dan seterusnya. Sunaryo dkk [4] juga melakukan penelitian serupa, mengembangkan sistem absensi kursus berbasis android dengan *face recognition* dan *QR-Code*. Penelitian ini menggunakan Android Studio, bahasa pemrograman PHP, dan Raspberry Pi dengan koneksi *Wifi* dan LAN. Evelyn dkk [5] juga membuat sistem presensi mahasiswa berbasis android menggunakan bahasa pemrograman Kotlin, FaceNet untuk *face recognition*, dan Firebase ML Kit untuk *face detection*.

Sistem absensi yang akan dibangun ini menggunakan fitur Firebase ML Kit, FaceNet dan Tensorflow lite yang dikembangkan dengan bahasa pemrograman Java di *software* Android studio sebagai media tampilan pada android. ML Kit, FaceNet dan Tensorflow lite untuk mendukung fitur deteksi wajah dan pengenalan wajah. Pada aplikasi ini pengguna akan melakukan registrasi dan absensi bisa dengan cara mengambil gambar dari galeri, kamera perangkat, dan ESP32-Cam serta Firebase sebagai tempat penyimpanan data.

METODE

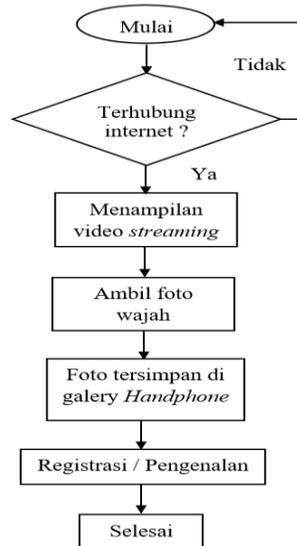


Gambar 1. Alur Penelitian

Tahap alur kerja yang akan dilakukan dalam merancang aplikasi dan alat dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.

Flowchart Hardware

Perancangan aplikasi sistem absensi ini, ESP32-Cam merupakan *hardware* yang digunakan dalam dua aktivitas pada aplikasi, yaitu aktivitas registrasi dan aktivitas pengenalan. *Flowchart* dari aktivitas registrasi dan aktivitas pengenalan ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Flowchart ESP32-Cam proses registrasi dan proses pengenalan

Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini metode pengumpulan data yang dilakukan adalah observasi, identifikasi masalah, studi pustaka dan studi literatur. Dari proses pengumpulan data, hasil yang diperoleh berupa gambar wajah tampak depan dari 14 orang mahasiswa yang terdaftar pada matakuliah Pemrograman Komputer kelas-A Prodi Fisika-FST Undana, 2 pasang anak kembar dan data atau informasi pribadi yang diperlukan dalam absensi untuk dijadikan objek uji. Proses pengambilan gambar wajah dilakukan dengan menggunakan kamera ESP32-Cam yang memiliki resolusi 2MP.

Analisis Sistem

Analisis terhadap kebutuhan sistem dilakukan untuk diperoleh bagaimana gambaran jalannya sistem. Penelitian ini menggunakan fitur Firebase ML Kit untuk deteksi wajah, FaceNet sebagai model

pengenalan wajah yang terbagi dalam dua model yaitu FaceNet dan mobile FaceNet. Kedua model pengenalan wajah bekerja sama dengan Tensorflow lite untuk memungkinkan model pengenalan wajah FaceNet bisa dijalankan pada perangkat mobile dengan sumber daya yang terbatas.

Firebase Machine Learning Kit (ML Kit)

Menurut Google, ML Kit adalah *platform* pengembangan yang disediakan oleh Google untuk memasukan fungsionalitas ML ke dalam aplikasi android dan iOS dengan mudah. ML Kit menyediakan API dan *library* yang memungkinkan pengguna melakukan berbagai proyek ML seperti pengenalan teks, pengenalan wajah, deteksi objek, penerjemahan bahasa, dan lainnya. Dalam penelitian ini penulis menggunakan ML Kit untuk pengenalan wajah.

FaceNet

FaceNet adalah model pengenalan wajah yang menggunakan *Convolution Neural Network (CNN)* dan konsep embedding untuk mengubah wajah menjadi vektor angka yang memungkinkan perbandingan wajah. Pelatihan model ini dilakukan dengan dataset luas yang mencakup berbagai variasi wajah dan menggunakan konsep "*triplet loss*" untuk memastikan perbedaan yang jelas antara vektor embedding wajah yang berbeda. FaceNet juga menggunakan *deep feature learning*, mempelajari fitur-fitur abstrak dalam gambar, dan menggunakan arsitektur *Siames Network* untuk menciptakan representasi kuat [6]. Kombinasi ini membuat FaceNet sangat efektif dalam pengenalan wajah dan mendapatkan hasil yang handal dan akurat.

Tensorflow Lite (TF Lite)

TF Lite adalah pustaka seluler untuk menerapkan model diseluler, mikrokontroler dan *edge* lainnya [7]. Dalam penelitian ini, Tensorflow lite berperan penting memungkinkan aplikasi untuk menjelaskan pengenalan wajah secara efisien pada perangkat android.

Modul ESP32-Cam

Modul ini memiliki kemampuan mengambil gambar, merekam video, dan pemrosesan gambar sederhana secara langsung [8]. Dalam penelitian ini untuk pengaktifan modul ESP32-Cam ini penulis menggunakan *development board* ESP32-Cam karena modul ini tidak memiliki *chip programmer onboard*.

Android Studio

Android studio merupakan sebuah lingkungan pengembang terintegritas resmi yang dirancang khusus untuk pengembangan sistem operasi Google android [9].

METODE PENGEMBANGAN SISTEM

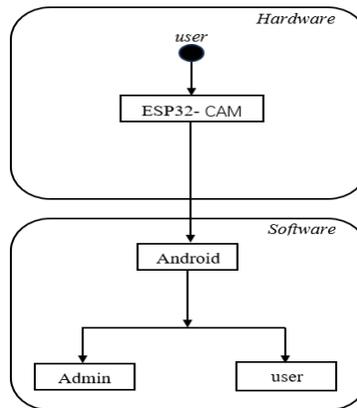
Pada penelitian ini untuk pengembangan sistem penulis menggunakan metode *Rapid Application Development (RAD)*. Metode RAD sangat cocok untuk membangun aplikasi yang tingkat kesulitan komputasinya tidak tinggi dan sistem ini bisa selesai dalam waktu yang singkat. Metode RAD memiliki 3 tahapan utama seperti yaitu Rencana kebutuhan (*Requirement Planning*) yang berfungsi untuk identifikasi tujuan dan kebutuhan aplikasi, Proses Desain (*Design Workshop*) untuk desain dan koreksi pada aplikasi, dan Implementasi (*Implementation*) untuk dilakukan pengujian aplikasi [10].

Perancangan Sistem Aplikasi

Perancangan sistem disesuaikan berdasarkan tujuan dan masalah yang dijadikan objek penelitian. Dalam penelitian ini yang perancangan sistem terdiri dari *Use Case Diagram* dan *Activity Diagram*.

Use Case Diagram

Use case diagram ditunjukkan pada Gambar 3. Use case diagram ini menunjukkan alur kerja pengguna dengan sistem.

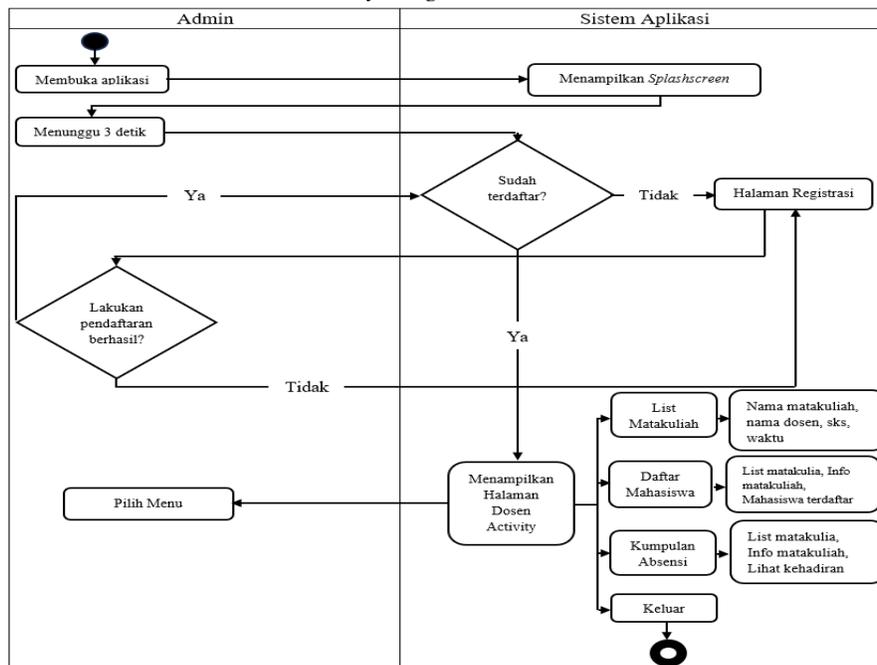


Gambar 3. Use Case Diagram

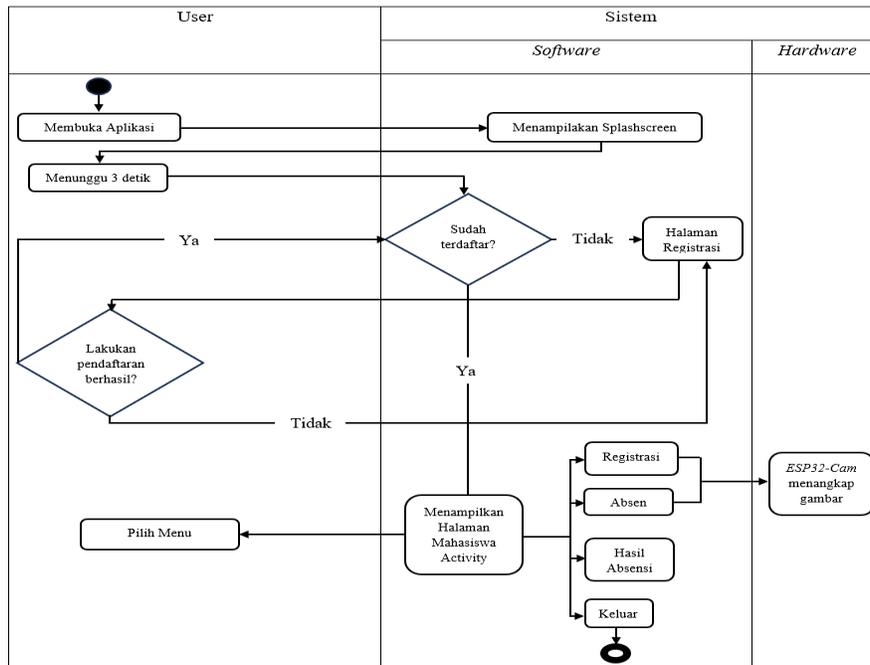
Activity Diagram

Activity diagram dalam aplikasi ini ada dua yaitu aktivitas dosen dan aktivitas mahasiswa. Pemilihan peran sebagai dosen atau mahasiswa dilakukan ketika pertamakali menggunakan aplikasi dan melakukan pendaftaran untuk login aplikasi. Diagram activity dari dosen (admin) dan aktivitas mahasiswa (user) ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Activity diagram Admin dan Sistem



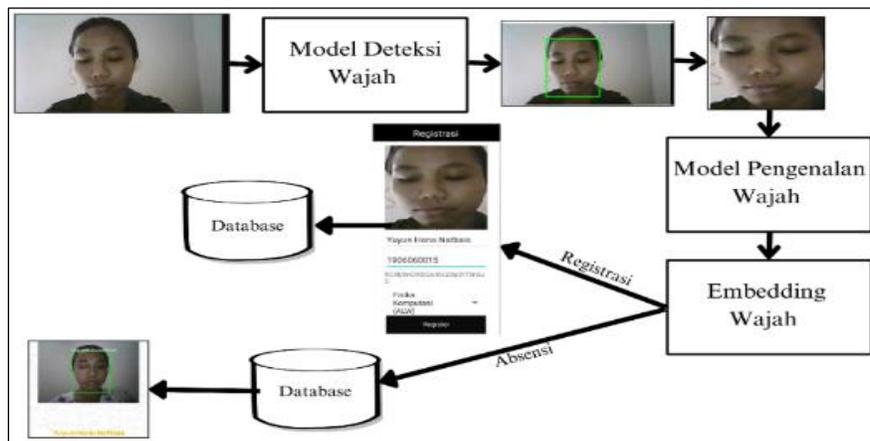
Tabel 2. Activity Diagram User dan Sistem



Pada saat pendaftaran masuk aplikasi, pengguna diberikan pilihan daftar menggunakan akun Google atau alamat Email lalu ketika button daftar diklik akan muncul *alert dialog* dengan judul “Pilih Peran”. Dalam *alert dialog* tersebut terdapat dua pilihan dosen dan mahasiswa. Setelah memilih, data akun akan otomatis tersimpan di firebase *authentication* lalu data peran akan tersimpan di *firestore*, sehingga ketika pengguna melakukan *login* aplikasi, pengguna akan otomatis masuk kedalam aktivitas dosen atau mahasiswa sesuai peran yang dipilih pengguna ketika melakukan pendaftaran masuk aplikasi.

Metode Pengolahan Citra Wajah

Pengolahan citra wajah dibagi menjadi dua bagian utama yaitu registrasi wajah dan pengenalan wajah. Dalam koding registrasi wajah, penulis menggunakan fitur deteksi wajah dan *library* Firebase ML Kit dan dalam koding pengenalan wajah, penulis menggunakan model *Tensorflow lite*. Contoh bagaimana proses registrasi wajah dan pengenalan wajah ditunjukkan pada Gambar 4.

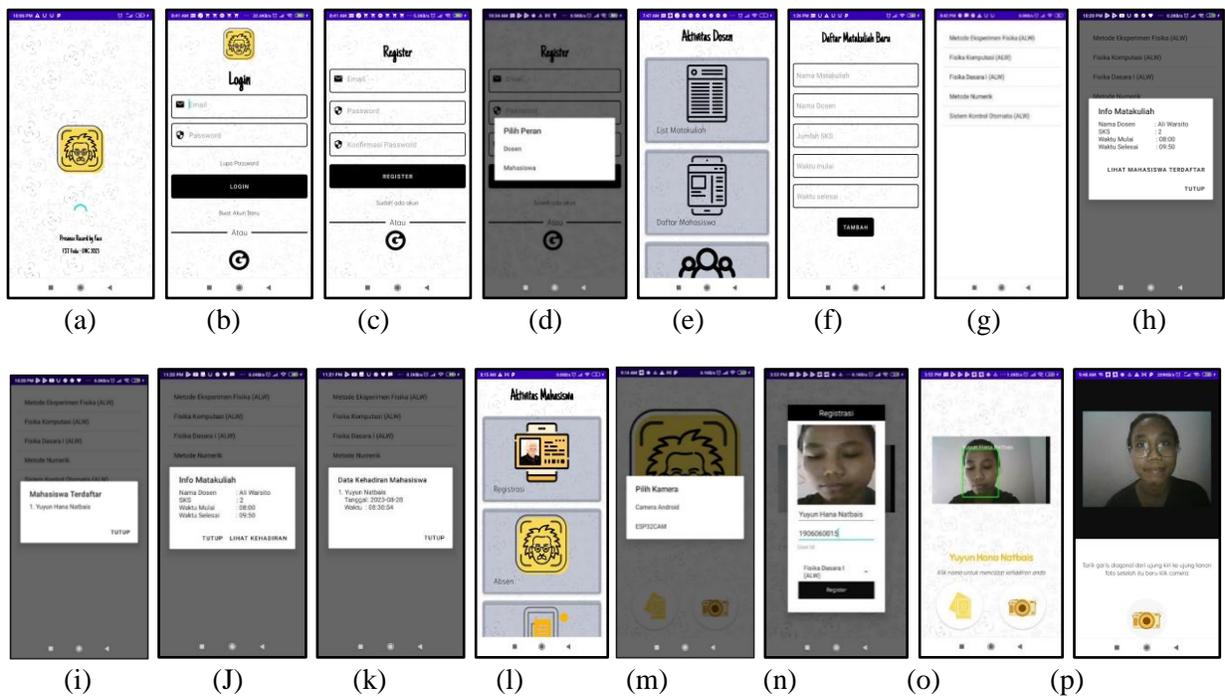


Gambar 4. Contoh proses registrasi wajah dan pengenalan wajah

HASIL DAN PEMBAHASAN

Interface Aplikasi

Setelah proses pengumpulan data, selanjutnya dianalisis dan dilakukan perancangan sistem absensi menggunakan Android Studio dengan basis bahasa Java. Hasil dari perancangan ini berupa sebuah aplikasi sistem absensi yang penulis beri nama *Presence Record by Face*. Rancangan *interface* yang dibuat berupa *splashscreen* sebagai tampilan awal memulai aplikasi, *login* (bisa menggunakan alamat Email atau akun Google), daftar masuk (disini pengguna bisa memilih peran), lupa *password* (untuk *reset password*), aktivitas dosen (jika pengguna pilih peran dosen akan dibawah ke aktivitas ini, didalam aktivitas ini pengguna bisa memasukan nama matakuliah baru, lihat nama mahasiswa terdaftar dalam matakuliah, serta pengguna bisa melihat mahasiswa yang sudah melakukan absensi), yang terakhir aktivitas mahasiswa (jika pengguna memilih peran mahasiswa akan di bawah ke aktivitas ini, di dalam aktivitas ini pengguna bisa registrasi wajah dan melakukan absensi menggunakan ESP32-Cam, serta pengguna bisa melihat hasil absensi. Rancangan tampilan *interface* yang penulis buat ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. *Interface* Aplikasi: a) *Splashscreen*, b) *Login*, c) Daftar masuk, d) Dialog pilih peran, e) Aktivitas dosen, f) List mata kuliah, g) List mata kuliah yang sudah diisi, h) ketika nama mata kuliah dipilih, i) Ketika button “Lihat Mahasiswa Terdaftar” diklik, j) Ketika nama mata kuliah diklik pada menu Hasil Absensi, k) Ketika button “Lihat Kehadiran” diklik, l) Aktivitas Mahasiswa, m) Dialog pilih kamera dimenu registrasi dan menu absen, n) *Register dialog*, o) Ketika wajah dikenali, p) *Streaming video* menggunakan ESP32-Cam

Implementasi

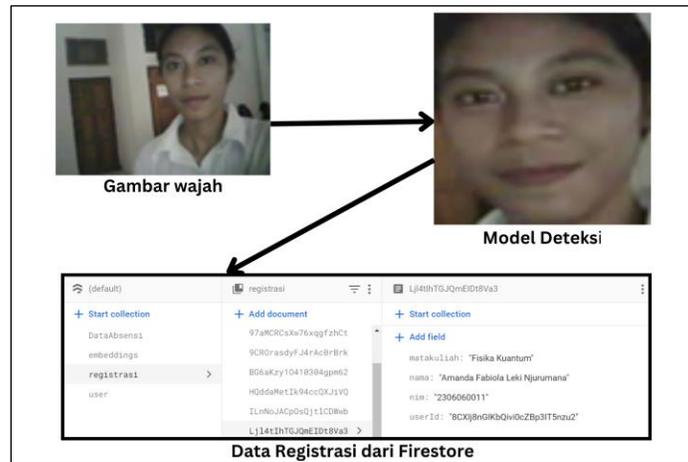
Implementasi dilakukan berdasarkan hasil yang telah dianalisis dan dirancang sebelumnya sehingga aplikasi siap untuk dilakukan pengujian.

Pengujian

Pengujian dilaksanakan di kelas Pemrograman Komputer, Prodi Fisika Fakultas sains dan Teknik Undana. Jumlah mahasiswa yang diuji sebanyak 14 orang didalam kelas, pengujian variasi jarak menggunakan 5 kali variasi jarak dan pengujian pada anak kembar. Metode yang digunakan untuk pengujian adalah *blackbox testing*, yang mana pengujian ini difokuskan pada keperluan fungsional dari *software* dan *hardware* yang digunakan.

Pengujian di Kelas Pemrograman Komputer

Sebanyak 14 mahasiswa melakukan registrasi wajah, dimana seluruh gambar wajah diambil menggunakan ESP32-Cam dan data wajah berupa nama, nim dan matakuliah tersimpan secara otomatis di Firestore. Salah satu hasil registrasi ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Salah satu hasil registrasi

Gambar 6 membuktikan bahwa proses *login* aplikasi, pengguna yang berperan sebagai dosen menambahkan nama mata kuliah di menu List Matakuliah serta registrasi wajah di aplikasi *Presence Record by Face* ini berjalan dengan baik. Gambar wajah pengguna berhasil diambil menggunakan ESP32-Cam. Berhasilnya proses *login*, penambahan matakuliah dan registrasi wajah ditandai dengan terdapat *User id* pengguna yang diperoleh saat pengguna melakukan registrasi akun menggunakan alamat Email atau akun Google. Dari hasil pengujian digunakan 14 wajah mahasiswa di kelas Pemrograman Komputer. Dalam pengujian terdapat 10 mahasiswa yang melakukan pengenalan wajah menggunakan wajah tampak depan seperti ketika melakukan pendaftaran, hasil uji ini aplikasi *Presence Record by Face* bisa mengenali ke-10 wajah tersebut dengan tepat. Pengujian ke-4 mahasiswa lainnya dilakukan variasi posisi wajah ketika melakukan pengenalan menggunakan wajah tampak samping, penggunaan masker dan kacamata, hasil uji ini aplikasi bisa mengenali wajah dengan tepat. Hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Hasil Pengujian di Kelas Pemrograman Komputer

Pengujian Variasi jarak

Pengujian ini bertujuan untuk mengidentifikasi batas kemampuan aplikasi dalam mengenali gambar yang diambil menggunakan ESP32-Cam yang memiliki resolusi 2MP. Hasil yang diperoleh dari pengujian ini adalah agar aplikasi *Presence Record by Face* mampu mendeteksi wajah yang diambil menggunakan kamera ESP32-Cam, jarak antara objek dan kamera harus kurang dari 200cm. Hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Hasil Pengujian Varisi Jarak

Gambar 8 membuktikan bahwa jika jarak kamera dan objek sudah lebih dari 200cm aplikasi sudah tidak mengenali objek tersebut, sehingga aplikasi tidak menampilkan nama objek wajah tersebut.

Pengujian Anak Kembar

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan aplikasi *Presence Record by Face* dalam mengenali dan membedakan anak kembar. Hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Hasil Pengujian Anak Kembar

Gambar 9 membuktikan bahwa aplikasi yang dibuat menggunakan model pengenalan wajah FaceNet berhasil mengenali dan membedakan anak kembar dengan baik.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan hasil pengujian menunjukkan bahwa aplikasi memiliki tingkat akurasi pengenalan wajah sebesar 100%, dengan jarak maksimal pengambilan gambar 2 meter. Meskipun semua data absensi berhasil disimpan di Firebase, aplikasi belum berhasil memanggil kembali embedding wajah yang tersimpan di Firebase sehingga untuk pengenalan wajah aplikasi lebih mengandalkan penyimpanan lokal, dimana 83% data absensi disimpan di firebase dan 17% data absensi menggunakan penyimpanan lokal.

Saran

Adapun saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya, yaitu perlu mempertimbangkan pembaruan arsitektur sistem agar data embedding wajah dapat lebih mudah diakses, sehingga memungkinkan sistem untuk mengakses data embedding wajah dari berbagai perangkat serta disarankan agar peneliti berikutnya dapat menggunakan kamera lain yang memiliki resolusi lebih tinggi dari ESP32-Cam.

DAFTAR PUSTAKA

1. Brier, J., & Jayanti, I.D. (2020). Perancangan Sistem Inforasi Absensi Siswa Berbasis QR-CODE Menggunakan PHP/MySQL Di SMAN 1 Kecamatan Akabiluru. 21(1):1–9.
2. Sumijan, Purnama, P. A. W., & Arlis, S. (2021). *Teknologi Biometrik*. edited by S. J. I. Insani and Y. Alhidayah. PT Insan Cendekia Mandiri Group.
3. Setiono, P. R., Sompie, S.R.U.A., & Najoan, M.E.I. (2020). Aplikasi Pengenalan Wajah Untuk Sistem Absensi Kelas Berbasis Raspberry Pi. 15(3):179-88.
4. Sunaryono, D., Siswanto, J., & Anggoro, R. (2021). “An Android Based Course Attendance System Using Face Recognition.” *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences* 33(3):304–12. doi: 10.1016/j.jksuci.2019.01.006.
5. Evelyn, Adipranata, R., & Gunadi, K. (2022). Sistem Presensi Mahasiswa Menggunakan Face Recognition Dengan Metode Facenet Pada Android. *Jurnal Infra* Vol 10, No:2–8.
6. Schroff, F., Kalenichenko, D., & Philbin. J. (2015). FaceNet: A Unified Embedding for Face Recognition and Clustering. *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* 07-12-June-2015:815–23. doi: 10.1109/CVPR.2015.7298682.
7. Abadi, M., Agarwal, A., Barham,P., Brevdo, E., & Chen, Z., 2022. ML for Mobile and Edge Device - Tensorflow Lite. Retrieved from (<https://www.tensorflow.org/lite/guide?hl=idw.tensorflow.org/>).
8. Adi, P.D.P., & Wahyu, Y. (2022). Performance Evaluation of ESP32 Camera Face Recognition for Various Projects. 02:10–21. doi: 10.31763/iota.v2i1.512.
9. Firly, Nadia. 2019. *Create Your Own Android Application*. 3rd ed. Bogor: PT Elex Media Komputindo.
10. Hariyanto, D., Sastra, R., & Putri, F.E. (2021). Implementasi Metode Rapid Application Development Pada Sistem Informasi Perpustakaan. *JUPITER (Jurnal Penelitian Ilmu Dan Teknik Komputer*, 13(1):110–17. Retrieved from <https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/jupiter/article/view/3253>

ANALISA SOLUSI IMPLEMENTASI METODE NUMERIK RUNGE KUTTA PADA RANGKAIAN RL MEMANFAATKAN DELPHI

Welhelmina Weo¹, Ali Warsito², Redi K. Pingak², dan Laura A. S. Lapono²

1. Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana.
2. Dosen Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Jl. Adisucipto-Penfui, Kota Kupang, Kode Pos 85148, Indonesia
E-mail: welhelminaweo201@gmail.com

Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang analisa solusi implementasi metode numerik runge kutta pada rangkaian RL memanfaatkan Delphi. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai arus yang mengalir pada rangkaian RL dengan menggunakan metode analitik dan metode numerik dan mengidentifikasi perubahan nilai arus listrik pada rangkaian tersebut serta membandingkan nilai arus listrik. Perhitungan menggunakan metode numerik Runge-Kutta orde dua dan metode analitik dengan parameter yang digunakan adalah parameter simulasi yaitu dengan nilai Resistansi (R) 20 Ohm, nilai Induktansi (L) 50 Henry, kuat arus awal (I_0) 0 Ampere, tegangan (V) 12 Volt, nilai perubahan arus (h) 0,1 dan nilai iterasi (n). Hasil yang diperoleh dari metode analitik memberikan nilai awal arus I_1 adalah 0,197807972 Ampere, metode Runge-Kutta orde dua memberikan hasil yaitu 0,197763762 Ampere. Nilai metode analitik I_2 adalah 0,330402622 Ampere, metode Runge-Kutta orde dua yaitu 0,330343347 Ampere. Akurasi ketelitian sampai orde 10^{-7} didapatkan pada saat nilai arus listrik dalam grafik transien stabil di 0,59999752 ampere. Hal ini menunjukkan akurasi yang baik didapatkan dalam menghitung nilai arus pada rangkaian RL, didasarkan error pendekatan relatif maupun komparasi solusi eksak.

Kata Kunci: Resistor, induktor, tegangan, metode analitik dan metode runge-kutta orde dua.

Abstract

Research has been carried out on solution analysis for implementing the runge kutta numerical method in RL circuits using Delphi. This research aims to determine the value of the current flowing in the RL circuit using analytical methods and numerical methods and identify changes in the value of the electric current in the circuit and compare the value of the electric current. The calculation uses the second order Runge-Kutta numerical method and the analytical method with the parameters used are simulation parameters, namely with a resistance value (R) of 20 Ohms, an inductance value (L) of 50 Henry, initial current strength (I_0) 0 Ampere, voltage (V) 12 Volts, current change value (h) 0.1 and iteration value (n). The results obtained from the analytical method give an initial value of current I_1 of 0.197807972 Ampere, the second order Runge-Kutta method gives a result of 0.197763762 Ampere. The value of the I_2 analytical method is 0.330402622 Ampere, the second order Runge-Kutta method is 0.330343347 Ampere. Accuracy of up to the order of 10^{-7} is obtained when the electric current value in the transient graph is stable at 0.59999752 amperes. This shows that good accuracy is obtained in calculating the current value in the RL circuit, based on relative approximation error and comparison of exact solutions.

Keywords: Resistor, inductor, voltage, analytical method and second-order runge-kutta method.

PENDAHULUAN

Rangkaian listrik adalah kumpulan dari beberapa komponen listrik pasif seperti resistor, kapasitor, induktor, sumber tegangan, dan saklar yang dirangkai membentuk satu rangkaian utuh. Beberapa parameter fisis yang dapat dikaji dalam suatu rangkaian listrik adalah arus listrik (I) yang mengalir dalam rangkaian tersebut, beda potensial (V) antara dua titik dalam rangkaian tersebut, hambatan listrik (R), dan lain-lain [1].

Rangkaian RL adalah rangkaian yang terdiri dari resistor (R), dan induktor (L), yang dihubungkan dengan sumber tegangan arus bolak balik. Jika rangkaian RL dihubungkan dengan sumber tegangan

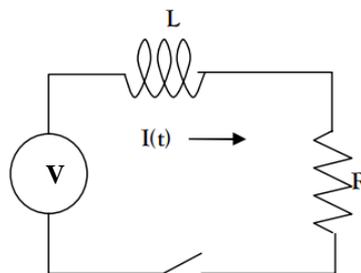
arus bolak balik, maka besarnya arus yang melewati tiap komponen adalah sama tetapi besar tegangan dan hambatan pada masing-masing komponen akan berbeda. Untuk menentukan nilai tegangan dan hambatan pada resistor, induktor, dan kapasitor ini, sering dijumpai permasalahan karena adanya beda fasa pada tegangan dan hambatan di setiap komponen. Permasalahan yang menyangkut adanya beda fasa dapat ditunjukkan dengan matematika yaitu dengan penyajian bilangan kompleks.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menentukan nilai arus listrik yang mengalir pada rangkaian RL dengan menggunakan metode analitik dan metode numerik, mengidentifikasi perubahan nilai arus listrik pada rangkaian RL menggunakan metode analitik dan metode numerik, dan membandingkan nilai arus listrik pada rangkaian RL menggunakan metode analitik, metode Runge Kutta orde dua.

METODE

Pada penelitian ini parameter yang digunakan adalah parameter simulasi yaitu dengan nilai Resistansi (R) sebesar 20 Ohm, nilai Induktansi (L) sebesar 50 Henry, kuat arus awal (I(0)) sebesar 0 ampere, tegangan (V) sebesar 12 Volt, nilai perubahan arus (h) sebesar 0,1 dan nilai iterasi (n) yaitu sampai error mencapai 10^{-8} .

Pada rangkaian RL, arus listrik dapat dilihat dalam rangkaian seperti ditampilkan pada gambar 1 berikut.



Gambar 1. Rangkaian RL

Pada tahap ini, yang dilakukan analisa data hasil running program dengan melihat nilai pendekatan dari metode runge kutta orde dua, dan analisa grafik nilai arus pada rangkaian RL menggunakan metode runge kutta orde dua.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan nilai arus pada rangkaian RL menggunakan metode analitik dan metode numerik (Runge-Kutta orde dua). Data hasil perhitungan yang diberikan dalam tabel 1 adalah sebagai berikut:

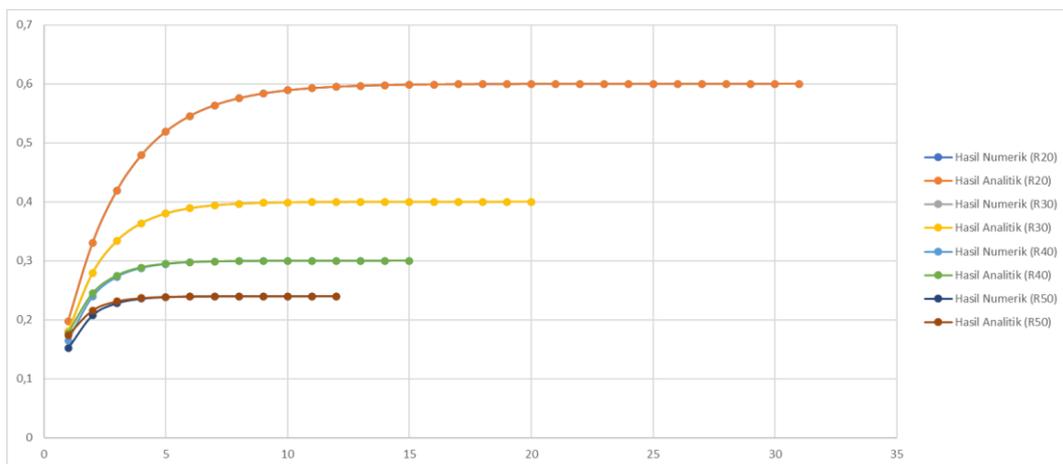
Tabel 1. Perbandingan nilai arus dengan metode analitik dan numerik runge-kutta orde dua

Resistor (R)	Induktor (I)	Tegangan (V)	Arus	Metode Analitik	Metode Runge-Kutta Orde Dua
20 Ohm	50 Henry	12 Volt	I_1	0,197807972	0,197763762
			I_2	0,330402622	0,330343348
			I_3	0,419283473	0,419223871
			I_4	0,478862089	0,478808817
			I_5	0,51879883	0,518754191
			I_6	0,545569228	0,545533319
			I_7	0,563513962	0,563485878
			I_8	0,575542678	0,575521162
			I_9	0,583605767	0,583589540
			I_{10}	0,589010617	0,588998531
			I_{11}	0,592633596	0,592624684
			I_{12}	0,595062152	0,595055634
			I_{13}	0,596690061	0,596685328
			I_{14}	0,597781282	0,597777865
			I_{15}	0,598512749	0,598510295

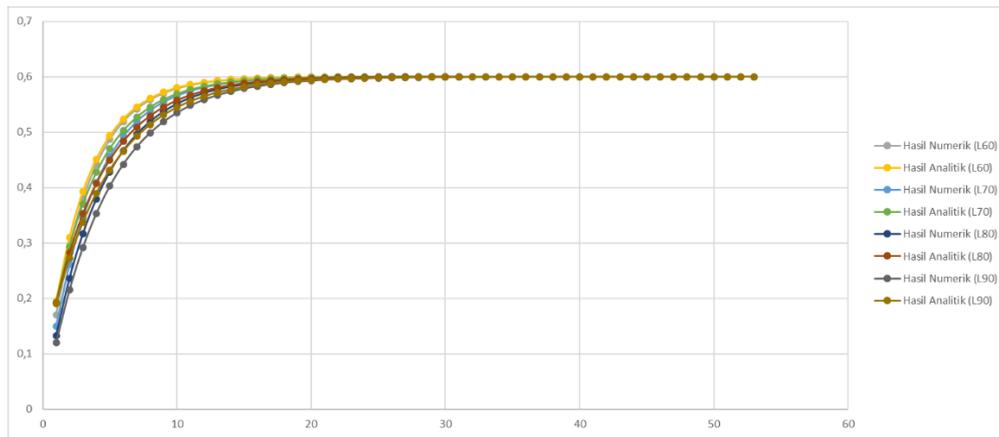
I_{16}	0,599003066	0,599001311
I_{17}	0,599331735	0,599330485
I_{18}	0,599552049	0,599551161
I_{19}	0,599699729	0,599699101
I_{20}	0,599798722	0,599798279
I_{21}	0,599865080	0,599864768
I_{22}	0,599909560	0,599909341
I_{23}	0,599939376	0,599939223
I_{24}	0,599959363	0,599959255
I_{25}	0,599972760	0,599972685
I_{26}	0,599981741	0,599981688
I_{27}	0,599987760	0,599987724
I_{28}	0,599991795	0,59999177
I_{29}	0,599994500	0,599994483
I_{30}	0,599996313	0,599996301
I_{31}	0,599997529	0,59999752

Perbandingan antara kedua metode yaitu pada metode analitik memberikan nilai awal arus I_1 adalah 0,197807972 Ampere, sedangkan metode Runge-Kutta orde dua memberikan hasil yang sangat mirip, yaitu sekitar 0,197763762 Ampere. Demikian pula, hasil kedua metode untuk I_2, I_3, I_4 dan seterusnya juga sangat dekat satu sama lain.

Berdasarkan data nilai arus untuk rangkaian RL pada tabel 1 juga dilakukan variasi nilai Resistor (R) dari 20 Ohm, 30 Ohm, 40 Ohm dan 50 Ohm; serta nilai Induktor (L) yaitu 60 Henry, 70 Henry, 80 Henry dan 90 Henry, sehingga dapat ditampilkan data tersebut dalam bentuk grafik untuk melihat perbedaan nilai arus yang diperoleh dari metode analitik dan metode numerik Runge-Kutta orde dua.



Gambar 2. Grafik nilai arus dengan metode analitik dan numerik untuk variasi R=20 Ohm, 30 Ohm, 40 Ohm dan 50 Ohm



Gambar 3. Grafik nilai arus dengan metode analitik dan numerik untuk variasi L=60 Henry, 70 Henry, 80 Henry, dan 90 Henry

Berdasarkan grafik di atas, hasil antara metode analitik dan metode Runge-Kutta orde dua hampir identik, yang menunjukkan bahwa metode numerik yang digunakan memiliki tingkat akurasi yang tinggi dalam menghitung nilai arus pada rangkaian RL, dan nilai arus dalam rangkaian tampaknya meningkat seiring dengan peningkatan waktu atau indeks (I_1 ke I_{31}), yang sesuai dengan perilaku RL saat diberikan tegangan konstan.

Hasil penelitian ini dapat dibandingkan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Rika Favoria Gusa, pada tahun 2014 tentang Penerapan Metode Runge-Kutta Orde 4 dalam Analisis Rangkaian RLC, dapat disimpulkan bahwa metode Runge-Kutta orde 4 dapat diterapkan dalam analisis rangkaian RLC seri dan paralel tanpa sumber. Metode Runge-Kutta orde 4 memberikan hasil ketelitian yang tinggi. Hal ini dibuktikan dengan selisih hasil penyelesaian dengan metode Runge-Kutta orde 4 terhadap nilai eksaknya yang sangat kecil yaitu sama dengan atau lebih kecil dari 0,0023 (0,23%) untuk rangkaian RLC paralel yang dibahas dan nol untuk rangkaian RLC seri yang dibahas [2]. Penelitian lain oleh Yudandi Kuputra Aji, dkk, tahun 2017 tentang Analisis Rangkaian Resistor, Induktor Dan Kapasitor (RLC) dengan Metode Runge-Kutta dan Metode Adams Bashforth Moulton, hasil yang diperoleh menjelaskan bahwa galat yang dihasilkan oleh metode Adams Bashforth Moulton lebih kecil dibandingkan metode Runge-Kutta orde empat dan jumlah iterasi dengan metode Adams Bashforth Moulton untuk mencapai nilai yang mendekati solusi analitik lebih cepat dibandingkan metode Runge-Kutta orde empat. Waktu komputasi yang dibutuhkan oleh metode Runge-Kutta orde empat adalah 0,044583 sekon. Sedangkan waktu komputasi yang dibutuhkan oleh metode Adams Bashforth Moulton adalah 0,034363 sekon. Maka dari itu metode Adams Bashforth Moulton merupakan metode terbaik untuk penyelesaian model rangkaian reduktor, induktor dan kapasitor (RLC) [3].

SIMPULAN DAN SARAN

Pada kasus ini, rangkaian RL diberikan nilai tegangan (V) yaitu 12 volt, nilai hambatan (R) sebesar 20 ohm, dan inductor (L) sebesar 50 H. Kuat arus awal sebesar 0 Ampere nilai perubahan arus sebesar 0,1. Metode analitik memberikan nilai awal arus I_1 adalah 0,197807972 Ampere, sedangkan metode Runge-Kutta orde dua memberikan hasil yang sangat mirip, yaitu 0,197763762 Ampere. Selanjutnya pada metode analitik diperoleh nilai I_2 adalah 0,330402622 sedangkan metode Runge-Kutta orde dua yaitu 0,330343347. Selanjutnya pada metode analitik diperoleh nilai I_3 adalah 0,419283473 sedangkan metode Runge-Kutta orde dua yaitu 0,419223871. Selanjutnya untuk pada metode analitik diperoleh nilai I_4 adalah 0,478862089 sedangkan metode Runge-Kutta orde dua yaitu 0,478808816. Pada metode analitik diperoleh nilai I_5 adalah 0,51879883 sedangkan metode Runge-Kutta orde dua yaitu 0,518754190. Demikian pula, hasil berikutnya juga memiliki perbedaan yang sangat dekat satu sama lain.

Hasil antara metode analitik dan metode Runge-Kutta orde dua hampir identik, yang menunjukkan bahwa metode numerik yang digunakan memiliki tingkat akurasi yang tinggi dalam menghitung nilai arus pada rangkaian RL.

Hasil perbandingan ini akan memberikan pemahaman tentang sejauh mana metode numerik (dalam hal ini, metode Runge-Kutta orde dua) mendekati solusi analitik. Ini juga akan membantu menilai akurasi dan efisiensi metode yang digunakan dalam pemodelan dan analisis rangkaian RL

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Giancoli, D. C. (2005). Fisika Jilid 1&2. Jakarta: Erlangga.
- [2]. Gusa, R. F. (2014). Penerapan Metode Runge-Kutta Orde 4 dalam Analisis Rangkaian RLC. Jurnal ECOTIPE, Volume 1, No.2, Oktober 2014, ISSN 2355-5068, 1, 47-52.
- [3]. Aji, Y. K. (2017). Analisis rangkaian resistor, induktor dan kapasitor (RLC) dengan Metode Runge-Kutta dan Adams Bashforth Moulton. ISBN No. 978-602-98559-3-7, 110-115.

PENGEMBANGAN KACANG TANAH LOKAL ROTE NDAO TIPE MENJALAR MELALUI PERBAIKAN KULTIVAR DENGAN TEKNIK IRRADIASI MULTIGAMMA

***Onita Boak¹, Bertholomeus Pasangka¹, Jonshon Tarigan¹, Albert Zicko
Johannes***

*Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana
Jl. Adi Sucipto-Penfui, Kota Kupang, 85001, Indonesia.
E-mail: nitabowakh@gmail.com*

Abstrak

Telah dilakukan penelitian menggunakan metode irradiasi multigamma standar untuk rekayasa genetik pada tanaman kacang tanah lokal Rote Ndao tipe menjalar. Penelitian ini dilakukan di Kelurahan Dolasi, Kecamatan Rote Barat Daya, Kabupaten Rote Ndao, Provinsi Nusa Tenggara Timur. Penelitian ini bertujuan untuk menguji ketepatan dosis untuk perbaikan varietas kacang tanah tipe menjalar yang diiradiasi dengan multigamma standar dan menyelidiki sifat toleran varietas mutan hasil irradiasi pada beberapa sifat fisis lingkungan yang dibatasi pada temperatur dan kelembaban yang tidak sesuai dengan kondisi tumbuh kacang tanah lokal. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan radiasi multigamma dengan dosis 1000 rad, 2000 rad, 3000 rad, dan 4000 rad. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan dosis yang tepat untuk memperoleh varietas unggul adalah dosis 4000. Karakteristik bakal unggul diperoleh dosis 4000 rads meliputi waktu tumbuh tercepat, jumlah benih yang tumbuh terbanyak, umur berbunga tercepat, umur panen tercepat, jumlah polong per pohon terbanyak, dan massa per 100 biji tertinggi. Kelembaban dan temperatur tanah dan udara pada tempat yang ditanami kacang tanah lokal tipe menjalar Rote Ndao toleran terhadap pada beberapa sifat fisis lingkungan.

Kata Kunci : *Rekayasa Genetik, kacang tanah lokal, irradiasi multigamma standar.*

Abstract

The research has done using Multigamma Irradiation Method for genetic engineering on local jumbo peanut plants of the creeping type Rote Ndao. This research has done in Dolasi Village, Rote Barat Daya District, Rote Ndao Regency, East Nusa Tenggara. This study is to test the accuracy of the dose for improvement of local varieties of spread type peanuts irradiated with standard multigamma and to determine tolerance of irradiated mutant varieties to several environmental physical characteristics that are limited to temperature and also the humidity that are not suitable for local peanut growth conditions. The method used in this research is to use multigamma radiation with doses of 1000 rads, 2000 rads, 3000 rads and 4000 rads. The results showed that the right dose to obtain high produce of varieties is dose 4000. The superior characteristics obtained from a dose of 4000 rads included the fastest growing time, the highest number of pods per tree, the highest number of seeds in one pod, the highest fat content, and the highest mass per 100 seeds. Humidity and temperature of the soil and air in the area planted with Rote Ndao local peanuts are tolerant of several environmental physical characteristics.

Keywords: *Genetic Engineering, local peanut, Standard Multigamma Irradiation*

PENDAHULUAN

Tanaman kacang tanah (*Arachis Hypogaea*L.) adalah tanaman yang sudah dikenal dan dibudidayakan di Indonesia dan salah satu jenis kacang-kacangan yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Berdasarkan bentuk atau letak cabang leteral, tipe pertumbuhan kacang tanah dapat dibedakan menjadi tipe menjalar dan tipe tegak. Tipe tegak mempunyai percabangan yang tumbuh agak melurus ke atas dan umurnya genjah, yaitu antara 100-120 hari. Sedangkan tipe menjalar mempunyai percabangan lebih panjang dan tumbuh menjalar kesamping, hanya bagian ujung yang mengarah keatas dan pada umumnya

jenis kacang tanah ini memiliki umur yang panjang (150-180 Hari) [1]. Tanaman kacang tanah memiliki gizi yang sangat penting seperti lemak (40-50%), protein (20%), serta vitamin yang cukup tinggi karbohidrat 12% serta vitamin B1 dan menempatkan kacang tanah dalam hal pemenuhan gizi setelah tanaman kedelai. [2]

Berdasarkan data statistik produksi kacang tanah selama lima tahun terakhir mengalami kenaikan dan penurunan produksinya. Penurunan produksi kacang tanah, dikarenakan pengaruh kondisi lingkungan, pemilihan benih lokal yang tidak bermutu, teknologi budidaya yang bersifat tradisional, pola iklim yang tidak beraturan dan permintaan kacang tanah yang terus meningkat dari tahun ke tahun mempengaruhi produksi tanaman kacang tanah jumbo tipe men jalar lokal tersebut relatif rendah dan hampir tidak di produksi lagi. Karena itu perlu peningkatan varietas agar produksi kacang tanah tipe menjalar lokal tersebut kembali meningkat. [3]

Dari masalah diatas, menyebabkan benih kacang tanah yang dihasilkan kurang baik untuk dijadikan bibit varietas unggul sehingga perlu pemulihan tanaman dengan menggunakan teknologi iradiasi multigama. Radiasi dengan sinar multigama digunakan untuk memperbaiki sifat tanaman secara kualitatif, maupun kuantitatif dengan tujuan mendapatkan benih unggul kacang tanah yang baik dan dapat memproduksi kacang tanah lebih banyak dari sebelumnya. Keunggulan metode multigamma adalah dapat memperoleh varietas unggul dalam waktu relatif singkat dibandingkan metode-metode yang lain. [4]

Tujuan penelitian adalah, menguji dosis iradiasi yang tepat untuk pengembangan kacang tanah lokal tipe menjalar asal Rote Ndao berdasarkan hasil penelitian terdahulu, menetapkan sejumlah karakteristik bakal unggul yang diperoleh pada kacang tanah lokal tipe menjalar asal Rote Ndao yang dikembangkan dengan teknik iradiasi multigamma, menyelidiki sifat toleran varietas mutan hasil iradiasi pada beberapa sifat fisis lingkungan yang dibatasi pada temperatur dan kelembaban yang tidak sesuai dengan kondisi tumbuh kacang tanah lokal, memperkirakan peningkatan produksi berdasarkan pertambahan massa per 100 biji.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan waktu penelitian

Lokasi penelitian tanaman ini dilakukan di Desa Dolasi, Kecamatan Rote Barat Daya, Kabupaten Rote Ndao, Universitas Nusa Cendana. Penelitian dilakukan selama bulan September 2022 sampai Februari 2023.

Alat dan bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: sumber radiasi multigamma, counter dosis radiasi, neraca digital, pengukuran temperatur dan kelembaban (Soil Analyzer Tanah Tester Moisture Meter PH, Thermometer Hygrometer Humidity) meter atau mistar ukur serta alat pendukung lainnya seperti linggis, cangkul, wadah, tali rafia, plastik dan alat penyiram tanaman, benih kacang tanah lokal tipe menjalar yang sudah diradiasi, tanah, pupuk, obat hama dan air.

PROSEDUR KERJA

Tahap pengambilan data dan prosedur penelitian meliputi:

Observasi

Observasi merupakan tahapan awal kegiatan untuk pengambilan dan pemilihan sampel kacang tanah lokal Rote tipe menjalar serta penetapan lokasi penanaman.

Sampling

Sampling adalah metode untuk memilih benih yang baik untuk dijadikan sampel dalam penelitian. Sampling dilakukan untuk menganalisis sifat fisis dari sampel. Sampel biji kacang tanah lokal tipe menjalar dimasukan kedalam plastik sebanyak 5 sampel/100 biji.

Radiasi Benih

Irradiasi ini menggunakan detektor (multigamma). Benih yang dipilih akan di irradiasi, namun 1 sampel tidak di irradiasi karena dijadikan sampel kontrol sedangkan 4 sampel di irradiasi dengan sumber multigamma. Adapun perlakuan yang dilakukan meliputi:

IR0=TanamanTanpa Irradiasi

IR1=Tanaman yang diirradiasi (1000 rad)

IR2=Tanaman yang diirradiasi (2000 rad)

IR3=Tanaman yang diirradiasi (3000 rad)

IR4=Tanaman yang diirradiasi(4000 rad)

Pengumpulan data dilakukan dengan pengamatan, pengukuran dan pengambilan data melalui parameter fisis sebagai data kualitatif yaitu, waktu tumbuh, jumlah benih yang tumbuh, panjang jalar tanaman, umur berbunga, umur panen, jumlah biji perpolong, jumlah polong per pohon, dan massa per 100 biji.

Pelaksanaan Penanaman

Persiapan lahan dan Penanaman

Lahan di bersikan dari gulma, kemudian diolah dengan cangkul sampai gembur dan memenuhi persyaratan untuk penanaman tanaman kacang tanah. Lahan yang telah diolah kemudian dibagi menjadi dua blok dan setiap blok kemudian dibagi menjadi tiga petak. Setiap petak berukuran 100 cm x 100 cm dengan jarak tanam 25 cm x 25 cm. Jumlah biji yang di tanam adalah 4 biji per lubang.

Pengamatan

Hasil perbandingan antar benih yang di irradiasi menggunakan sinar multigamma dan benih yang tidak diirradiasi menjadi dasar pengumpulan data terhadap keseluruhan sampel untuk ditentukan dosis yang tepat dalam pertumbuhan kacang tanah lokal.

Penyiraman

Penyiraman dilakukan setiap hari dengan volume penyiraman yang secukupnya sampai tanaman siap mendekati panen. Penyiraman dihentikan setelah tanaman menunjukkan gejala siap panen, seperti daun menguning dan berguguran dan biji dalam polong telah cukup keras dan kering. Penyiraman dilakukan hingga mencapai kapasitas lapang.

Pemupukan

Pemupukan dilakukan mengikuti prosedur teknik budidaya kacang tanah yang dianjurkan.

Pengendalian hama dan penyakit

Pengendalian terhadap gulma dilakukan dengan penyiangan pada tanaman berumur 1 dan 2 bulan setelah tanam, sedangkan pengendalian hama dan penyakit tanaman dilakukan dengan menggunakan pestisida yang sesuai.

Pemanenan

Pemanenan dilakukan apabila daun mulai menguning dan biji dalam polong telah cukup keras dan kering.

Seleksi

Seleksi merupakan tahapan untuk melihat benih yang unggul setelah tanam. Tahapan ini dilakukan sekali pada saat tanaman sudah tumbuh berumur 7 hari hingga menjelang panen.

Komparatif

Komparatif yakni proses perbandingan dimana dilihat dari setiap perlakuan yang sudah diirradiasi maupun tidak di iradiasi untuk menentukan benih yang unggul.

Model Dan Analisis Data

Model dan analisis data yang digunakan adalah:

- a. Presentase pertumbuhan dihitung dengan persamaan (Pasangka dan Refli,2021) [5].

$$GP = \left(\frac{T_{AS} - A_{SG}}{T_{AS}} \right) \times 100 \quad (1)$$

Keterangan:

GP=Presentase pertumbuhan%

T_{AS}=Jumlah total biji yang ditanam

A_{SG}=Jumlah biji yang tidak tumbuh

- b. Estimasi peningkatan produksi dan presentase pertambahan massa per 100 biji (Pasangka dan Refli,2021) sebagai berikut: [12].

$$\% I_{PAP} = \frac{A_{PTS} - A_{PCS}}{A_{PTS}} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

I_{PAP}=Persentase pertambahan polong per pohon(%)

A_{PTS}= Jumlah polong pada sampel perlakuan

A_{PCS} = Jumlah polong pada sampel kontrol

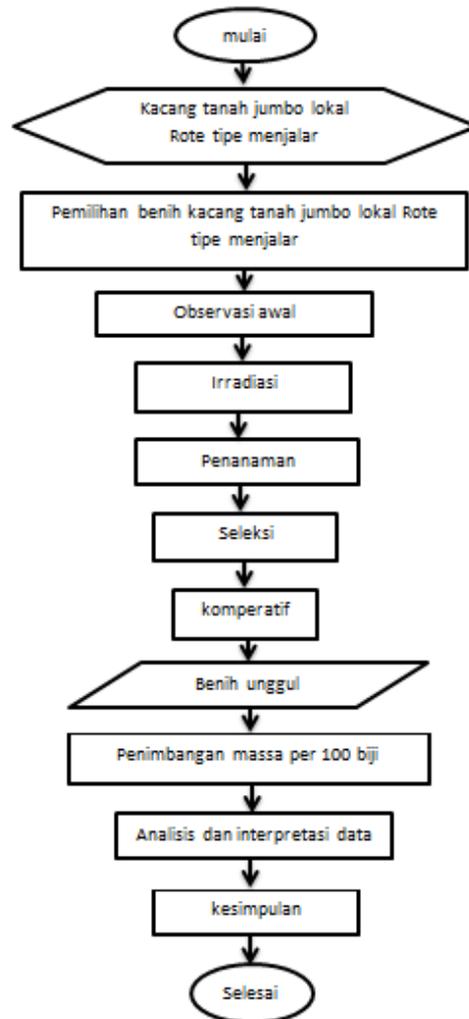
$$\%PM = \left(\frac{MPTS - MPCS}{MPTS} \times 100\% \right) \quad (3)$$

Keterangan:

PM = Persentase Pertambahan Massa per 100 biji

MPTS = Massa per 100 biji pada sampel perlakuan

MPCS = Massa per 100 biji sampel kontrol



HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Karakteristik yang teramati dan terukur dilapangan

Parameter yang diamati	Perlakuan					Keterangan
	Tanpa irradiasi	1000 Rads	2000 Rads	3000 Rads	4000 Rads	
Waktu berkecambah	7 hst 07/09/2022	6 hst 06/09/2022	6 hst 06/09/2022	5 hst 05/09/2022	5 hst 05/09/2022	hst (hari setelah ditanam)
Jumlah benih yang tumbuh	86	87	90	94	98	Benih yang ditanam berjumlah 100 , untuk 25

							lubang per perlakuan dengan 4 benih per lubang
Kisaran panjang jalur tanaman	08/09/2022	3,4 cm	3,8 cm	4,4 cm	4,5 cm	4,9 cm	Rata-rata kisaran panjang jalur tanaman diukur saat tanaman berumur 1 minggu hingga 8 minggu setelah tanam terdapat pada lampiran 1
	15/09/2022	7,4 cm	10,2 cm	12,6 cm	14,4 cm	13,9 cm	
	22/09/2022	13,8 cm	14,7 cm	16,2 cm	17,6cm	17 cm	
	29/09/2022	22 cm	22,4 cm	26,2 cm	28,3 cm	28,1 cm	
	06/10/2022	27 cm	25,8 cm	34 cm	37,8 cm	37 cm	
	13/10/2022	30,9 cm	30,5cm	41,8 cm	47,6 cm	48,6 cm	
	20/10/2022	35,1 cm	36,4 cm	43,9 cm	53,3 cm	56,1 cm	
	27/10/2022	42,6 cm	42 cm	54,5 cm	61,6 cm	62,1 cm	
Umur Berbunga	30 hst 01/10/2022	29 hst 30/09/2022	28 hst 29/09/2022	28 hst 29/09/2022	27 hst 28/09/2022		Dilihat saat tanaman mulai berbunga
Umur panen	150 hst 29/01/2023	132 hst 12/01/2023	127 hst 06/01/2023	124 hst 03/01/2023	120 hst 30/12/2022		Dilihat ketika tanaman sudah siap dipanen
Jumlah polong per pohon	10	11	13	13	14		Dilihat jumlah polong per pohon terbanyak
Jumlah biji perpolong	2	2	2	2	2		Dilihat dan diamati jumlah biji terbanyak pada masing-masing sampel
Massa per 100 biji	53,97 g	59,45 g	64,95 g	69,75 g	73,66 g		Ditimbang menggunakan neraca digital

Waktu Berkecambah

Radiasi menggunakan sinar multigamma dapat mempengaruhi karakteristik dan sifat tanaman yang diperoleh dari sifat keturunan tanaman kacang tanah lokal tipe menjalar Rote Ndao, salah satunya adalah mempersingkat waktu berkecambah tanaman tersebut. Pada saat sinar radiasi multigamma ditembakkan pada benih kacang tanah lokal, maka dapat menyebabkan perubahan sifat keturunan pada kacang tanah itu sendiri. Perubahan sifat keturunan oleh benih yang telah diradiasi akan mengalami sifat tumbuh yang beragam, tetapi tidak semua benih yang diradiasi bisa tumbuh dengan baik. Karena pengaruh dari sinar radiasi multigamma pada tanaman dapat merusak sistem jaringan tanaman itu, sehingga tanaman yang diradiasi belum tentu bisa hidup dan tumbuh dengan baik.[6]

Pengamatan waktu berkecambah tanaman kacang tanah lokal pada 5 sampel berbeda diamati dari proses waktu tanam. Pengamatan tersebut dilihat pada benih yang berkecambah paling cepat yakni benih yang diradiasi 4000 rad dan 3000 rad dengan waktu tumbuh 5 hari setelah tanam, sedangkan benih yang radiasi 1000 rad dan 2000 rad waktu berkecambahnya adalah 6 hari setelah tanam, untuk tanaman kontrolnya 7 hari setelah tanam. Hal ini disebabkan oleh karena salah satu fungsi dari radiasi multigamma adalah memecahkan benang kromosom dalam benih kacang tanah dan mempengaruhi sintesis auksin yang akan mempercepat pembelahan sel sehingga dapat mempercepat proses pertumbuhan benih.

Jumlah Benih yang Tumbuh

Benih yang tumbuh pada setiap perlakuan berbeda-beda baik yang di radiasi dengan 1000 rad, 2000 rad, 3000 rad, 4000 rad maupun yang tidak diradiasi. Jumlah benih yang ditanam per perlakuan yaitu 100 biji dengan setiap perlakuan terdapat 25 lubang tanam dengan masing-masing lubang berjumlah 4 biji. Dari semua perlakuan diamati benih yang hidup dan benih yang mati. Dari hasil pengamatan dilapangan terdapat benih yang tidak tumbuh dikarenakan faktor lingkungan akibat kekurangan unsur hara dalam tanah, atau proses pertumbuhan tidak lancar karena disebabkan oleh faktor hama.

Kisaran Panjang Jalur Tanaman

Berdasarkan hasil pengamatan panjang jalar tanaman kacang tanah lokal tipe menjalar Rote Ndao yang terdiri dari 5 sampel yang diukur dan diamati perlubang 1 tanaman untuk 25 lubang per perlakuan, diukur panjang jalar tanaman per minggu atau sekali per 7 hari. Panjang jalar tanaman kacang tanah lokal tipe menjalar Rote Ndao diukur sejak tanaman berusia 1 minggu (7 hari) setelah tanam sampai berumur sampai berumur 56 hari atau 8 minggu setelah tanam (ketika tanaman sudah mengeluarkan akar pada batang-batangnya).

Umur Berbunga

Hasil pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa umur berbunga kacang tanah lokal tipe menjalar berbeda-beda untuk setiap perlakuan baik tanpa radiasi atau yang di radiasi menggunakan sinar multigama dengan dosis 1000 rad, 2000 rad, 3000 rad dan 4000 rad. Perbedaan menunjukkan bahwa pada tanaman tanpa radiasi membutuhkan waktu paling lama untuk berbunga yakni 30 hari setelah tanam, pada tanaman 1000 rad membutuhkan waktu berbunga 29 hari setelah tanam, tanaman 2000 rad dan 3000 rad membutuhkan waktu untuk berbunga 28 hari setelah tanam, sedangkan pada 4000 rad membutuhkan waktu lebih sedikit untuk berbunga yakni 27 hari setelah tanam. Hal ini disebabkan karena radiasi dapat menyebabkan perubahan genetik pada tanaman yang akan mempengaruhi sintesis auksin yang dapat mempercepat pembelahan sel di daerah meristem ujung, misalnya pada pucuk tanaman sehingga mampu mempercepat perkembangan bunga. Ini menunjukkan bahwa benih yang diradiasi memiliki sifat lebih unggul dibandingkan dengan tanaman tanpa radiasi.

Umur Panen

Dari hasil Penelitian menunjukkan perbedaan umur panen untuk setiap perlakuan tanpa radiasi atau yang diradiasi menggunakan sinar multigamma, yaitu pada tanaman tanpa radiasi memiliki umur panen 150 hari setelah tanam, kemudian tanaman yang diradiasi menggunakan sinar multigamma dengan dosis 1000 rad 132 hari setelah tanam, 2000 rad 127 hari setelah tanam, 3000 rad memiliki umur panen 124 hari setelah tanam dan 4000 rad memiliki umur panen 120 hari setelah tanam. Umur panen kacang tanah lokal tipe menjalar yang paling cepat panen adalah tanam dengan dosis 4000 rad yakni 120 hari setelah ditanam, sedangkan pada dosis tanpa radiasi memiliki umur panen paling lama yakni 150 hari setelah tanam. Hal ini membuktikan bahwa efek sinar radiasi multigamma dapat menghasilkan sifat-sifat baru yang lebih unggul dari sifat induknya, sehingga dapat mempercepat umur panen.

Jumlah Rata-Rata Polong Per Pohon

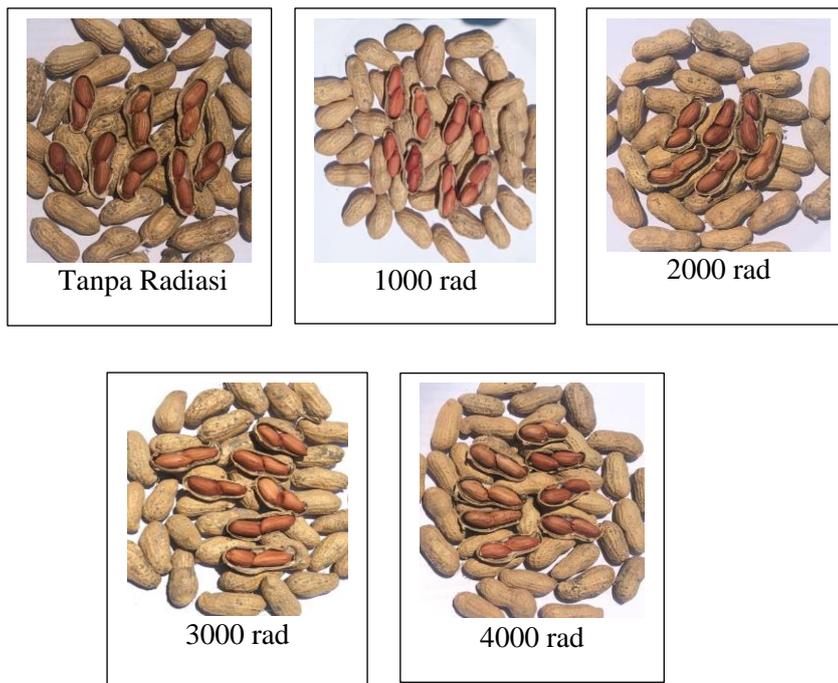
Tabel 2 tabel persentase pertambahan jumlah polong per pohon

Perlakuan irradiasi multigamma	Persentase pertambahan jumlah polong per pohon dibandingkan tanpa radiasi
1000 rad	9%
2000 rad	23%
3000 rad	23%
4000 rad	28%

Pada penelitian kacang tanah lokal tipe menjalar Rote Ndao, setelah panen dilakukan pengamatan lanjutan yakni jumlah polong per pohon. Pengamatan ini dilakukan untuk melihat perbandingan jumlah polong per pohon untuk setiap perlakuan. Estimasi produksi didasarkan pada presentase penambahan jumlah polong per pohon dan presentase jumlah polong per pohon untuk masing-masing perlakuan dengan dosis 1000 rad yaitu 9%, 2000 rad 23%, 3000 rad 23% dan 4000 rad 28%. Pemberian dosis sinar Gamma yang berbeda-beda pada biji kacang tanah lokal Rote Ndao tipe menjalar, ternyata menghasilkan jumlah polong yang berbeda-beda. Hal ini menunjukkan sinar radiasi multigamma sangat berpengaruh terhadap karakteristik jumlah polong per pohon.

Jumlah Biji Per Polong

Dari hasil penelitian jumlah biji per polong adalah sama, Karakteristik jumlah biji per tiap polong kacang tanah lokal tipe menjalar, menunjukkan data yang sama pada setiap perlakuan. Dari hasil penelitian menunjukkan jumlah biji per polong tanaman tanpa radiasi, tanaman dengan dosis 1000 rad, 2000 rad, 3000 rad dan pada tanaman dengan dosis 4000 rad memiliki biji per polong sama yakni 2 biji per polong.



Gambar 1 jumlah biji per polong (Sumber: Dokumen Pribadi)

Adaptasi Terhadap Kondisi Temperatur Dan Kelembaban Udara

Perkembangan benih dan pertumbuhan awal kecambah dipengaruhi oleh temperatur tanah. Pada suhu tanah kurang dari 18°C, kecepatan perkecambahan akan lambat, sebaliknya suhu tanah >40°C akan mematikan benih yang baru ditanam. Kecepatan tumbuh tanaman kacang tanah meningkat dengan meningkatnya suhu dari 20°C menjadi 30°C. Suhu untuk pertumbuhan optimum berkisar anatar 27°C sampai 30°C tergantung pada macam varietas. Suhu tanah maksimum untuk perkembangan ginofor (bakal buah tanaman) adalah 30-34°C. Bentuk polong akan menjadi kecil dan keras apabila suhu udara dan suhu tanah tinggi [7]. Temperatur udara merupakan unsur iklim yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman, serta pembungaan. Pada fase generatif, suhu maksimum terletak antara 24°C dan 27°C, dan suhu udara >33°C [8].

Tabel 3 Pengukuran temperatur dan kelembaban tanah dan udara

Waktu Pengukuran	Tanah		Udara	
	Temperatur (°c)	pH	Temperatur (°c)	Kelembaban (%)
Penanaman 01/09/2022	30	5,5	28,8	64,3
Awal Tumbuh 05/09/2022	29	6,0	32,5	65,4
Awal Berbunga 28/09/2022	28	6,5	32,8	68,5
Pemanenan 30/12/2022	30	6,5	35	68,7

Untuk mengetahui adaptasi tanaman kacang tanah terhadap kondisi temperature dan kelembaban udara, dilakukan pengukuran suhu dan kelembaban udara dilakukan pada saat penanaman, awal tumbuh, awal berbunga dan pemanenan. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui udara dan tanah yang ditanami kacang tanah lokal tipe menjalar Rote Ndao dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan benih. Suhu tanah atau temperatur tanah merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi perkecambah benih

Dari tabel 3 dapat dilihat bahwa suhu terendah adalah 28°C dan suhu tertinggi adalah 30°C (suhu tanah), suhu terendah adalah 28°C dan tertinggi 35°C (suhu udara) sedangkan kelembaban terendah adalah 64% dan kelembaban tertinggi adalah 68%. Perbedaan suhu dan kelembaban yang diukur juga dapat mempengaruhi produksi hasil dari kacang tanah tersebut, karena ketika tanaman kacang tanah itu di tanam di bawah suhu 18°C, maka kecepatan perkecambahan akan lambat dan apabila suhunya diatas 40°C maka akan mematikan benih yang baru ditanam.

Tinggi rendahnya suhu tanah maupun udara disekitar tanaman ditentukan oleh kerapatan tanaman, distribusi air dalam tanah, sehingga mempertahankan suhu tanah sangat penting agar akar tanaman dapat menyerap unsur hara lebih baik [9]. Dari tabel diatas dapat dilihat juga bahwa temperatur udara lebih besar dari dari pada temperatur tanah, hal ini disebabkan karena jika tanaman semakin tumbuh maka cahaya yang masuk semakin berkurang karena tidak ada celah yang masuk sehingga menyebabkan suhu tanah berkurang.

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, kesimpulan yang dapat diambil adalah, Berdasarkan penelitian terdahulu pengujian dosis yang tepat pada kacang tanah lokal rote yang ditanaman di Kelurahan Tuak Daun Merah Kota Kupang yaitu dosis 2000-4000 rads menurut (Lauwoie, 2015) [10]. Sedangkan pengujian dosis radiasi multigamma pada kacang tanah lokal Rote Ndao tipe menjalar yang ditanam di Desa Dolasi, Kec amatan rote Barat Daya, Kabupaten Rote Ndao yang tepat untuk perbaikan varietas yaitu dosis 4000 rads. Karakteristik bakal ungguak hasil irradiasi multigamma yang teramati dan terukur ditunjukkan pada dosis 4000 rads yang signifikan meliputi Waktu tumbuh tercepat, Jumlah, benih yang tumbuh terbanyak, Umur berbunga tercepat, umur panen tercepat, jumlah polong per pohon terbanyak, dan massa per 100 biji tertinggi yakni 73,66 gram. Kacang tanah hasil irradiasi multigamma dengan dosis 4000 rad dapat beradaptasi dengan temperatur dan kelembaban yang tidak sesuai dengan kondisi tumbuh kacang tanah lokal tersebut. Estimasi presentase peningkatan produksi tertinggi terdapat pada dosis 4000 rads dengan hasil 26,73%.

SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, dapat disarankan bahwa dilakukan penelitian lanjutan tanaman kacang tanah lokal Rote Ndao tipe menjalar yang ditanam di musim kemarau apakah bisa beradaptasi atau tidak, dan dilakukan penelitian lanjutan yang berfokus pada kandungan gizi seperti protein, lemak, air, dan karbohidrat yang dimiliki oleh tanaman kacang tanah lokal tipe menjalar asal Rote Ndao.

DAFTAR PUSTAKA

- 1 Suprpto. Bertanam Kacang Tanah. Penebar Swadaya, Jakarta. 1993.
- 2 Askari.2012.*Budidaya Kacang Tanah* [http://wahyuaskari.wordpress.com/akademik/kacangtanah/diakses.tanggal 28/10/2021](http://wahyuaskari.wordpress.com/akademik/kacangtanah/diakses.tanggal%2028/10/2021)
- 3 Rukmana,K.1997.*Usaha Tani Jagung*.Kanisius.Yogyakarta.102 hal.
- 4 Adisarwanto, T. 2007. *Meningkatkan Produksi Kacang Tanah Di Lahan Kering Dan Lahan Sawah*. Penerbit Swadaya, Jakarta.
- 5 Pasangka,B.,& Refli,R.(2021). *The Breeding Of Local Vigna Radiata L With Using Multigamma Irradiation Theqnique (Nuclear) That Tolerant To Dry Condition, Rain Fall, Germ, and High Production*.SAINTEK,4(1),183-196.
- 6 Pasangka,B.2009.*Pemuliaan Tanaman Jagung dengan Metode Radiasi Multigamma*.Universitas Nusa Cendana:Kupang.
- 7 Winarso, S. 2009.*Kesuburan Tanah, Dasar Kesehatan dan Kualitas Tanah*. Gava Media. Yogtakart.

- 8 Shorter, R., K.J. Middleton, S. Sadikin, M. Machmud, M.J. Bell and G.C. Wright. 1992. *Identification of disease, agronomic and eco-physiological factors limiting peanuts yields. p. 9–18. In Peanut Improvement: A case study in Indonesia. Proc. of an ACIAR/ AARD/ODPI collaborative review meeting held at Malang, East Java, Indonesia, 19–23 August 1991. ACIAR Proc. No. 40.*
- 9 Pasangka, B. 2008. *Kajian Kandungan Radioisotop Dan Unsur Lain Dalam Deposit Mineral Serta Kontaminasinya Pada Lingkungan Di Timor Barat NTT.* Universitas Gajah Mada Mada Yogyakarta
- 10 Lauwoie, Siti Asti Asmuna;. (2015). *Aplikasi Radasi Multigamma Untuk Pemuliaan Tanaman Kacang Tanah Tipe Tegak dan Menjalar Asal Pulau Rote Di Kelurahan Tuak Daun Merah Kota Kupang.* Kupang: Fisika, FST UNDANA

PROTOTYPE PEMETIK DAWAI SASANDO ELEKTRIK DENGAN MOTOR SERVO BERBASIS IoT

Tresna Marianti Saloekh¹, Ali Warsito¹, Minsyahril Bukit, Jonshon Tarigan¹

¹Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana,
Jl. Adisucipto-Penfui, Kota Kupang, Kode Pos 85001, Indonesia
E-mail: tresnasalukh@gmail.com

Abstrak

Telah dilakukan penelitian mengenai perancangan prototipe yang memanfaatkan IoT dan Blynk. Penelitian dilakukan dengan tujuan untuk menggerakkan 4 dawai sasando elektrik dan mengetahui kinerja dari prototipe pemetik dawai ini. Setiap motor servo dihubungkan ke Nodemcu ESP32 DevKit yang berfungsi sebagai pemroses data. Dawai sasando yang dipetik ialah satu dawai bass (dawai 24), satu dawai ritme (dawai 29), dan dua dawai melodi (dawai 1 dan dawai 5). Kinerja dari prototipe ini dibandingkan dengan nilai frekuensi dan intensitas yang standar. Berdasarkan hasil pengujian, prototipe dapat berfungsi dengan baik, ketika motor servo mendapatkan perintah dari Blynk untuk memetik dawai sasando. Frekuensi dan nada secara berurutan yang dihasilkan, yaitu dawai 24 227 Hz dan A#3, dawai 29 377 Hz dan F#4, dawai 1 894 Hz dan A5, serta dawai 5 603 Hz dan D5. Rata-rata waktu respon yang diberikan oleh motor servo ketika menggerakkan dawai 24, dawai 29, dawai 1, dan dawai 5 secara berturut-turut adalah 0,15 detik, 0,16 detik, 0,18 detik, dan 0,12 detik. SLM mencatat interval nilai intensitas yang diperoleh pada dawai 24 ialah dari 65,4–81,5 dB(A), dawai 29 dari 67,9–84,7 dB(A), dawai 1 dari 69,4–77,8 dB(A), dawai 5 dari 74,6–84,7 dB(A).

Kata kunci: Sasando, Motor Servo, ESP32, dan PCA 9685.

Abstract

Research has been conducted on the design of prototypes that utilize IoT and Blynk. The research was conducted with the aim of moving 4 electric sasando strings and knowing the performance of this string plucker prototype. Each servo motor is connected to the Nodemcu ESP32 DevKit which functions as a data processor. The plucked sasando strings are one bass string (string 24), one rhythm string (string 29), and two melody strings (string 1 and string 5). The performance of the prototype was compared with standard frequency and intensity values. Based on the test results, the prototype can function properly, when the servo motor gets a command from Blynk to pluck the sasando strings. The frequencies and tones sequentially produced are string 24 227 Hz and A#3, string 29 377 Hz and F#4, string 1 894 Hz and A5, and string 5 603 Hz and D5. The average response time given by the servo motor when moving string 24, string 29, string 1, and string 5 was 0.15 seconds, 0.16 seconds, 0.18 seconds, and 0.12 seconds, respectively. SLM recorded the interval of intensity values obtained on string 24 is from 65.4-81.5 dB(A), string 29 from 67.9-84.7 dB(A), string 1 from 69.4-77.8 dB(A), string 5 from 74.6 -84.7 dB(A).

Keywords: Sasando, Servo Motor, ESP32, and PCA 9685.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki berbagai macam kebudayaan yang tersebar di seluruh kepulauan dari Sabang sampai Merauke, dari pulau We sampai pulau Rote. Terdapat berbagai macam kebudayaan yang tumbuh dan berkembang di masing-masing pulau dan masyarakat suku. Salah satu keberagaman budaya tersebut adalah kesenian. Kesenian adalah budaya yang digunakan sebagai sarana untuk mengekspresikan rasa keindahan dari dalam jiwa manusia. Musik sebagai salah satu bagian dari kesenian yang bersifat universal ini, ditemukan pada setiap kebudayaan suku bangsa manapun di seluruh dunia. Secara umum, fungsi musik antara lain adalah sebagai sarana upacara adat, sarana upacara keagamaan, sarana hiburan, sarana ekspresi diri, sarana komunikasi, sarana pengiring tarian, dan sarana ekonomi.

Alat musik yang digunakan pun bervariasi, salah satunya alat musik petik yaitu sasando. Sasando adalah sebuah alat musik dawai yang terbuat dari daun lontar dan senar yang dimainkan dengan cara dipetik. Instrumen musik yang tergolong sebagai alat musik cordophone ini berasal dari pulau Rote, Nusa Tenggara Timur (NTT). Nama Sasando menurut asal katanya dalam bahasa Rote, yaitu “sasandu”, memiliki makna yaitu alat yang bergetar atau berbunyi. Suara yang dihasilkan dari sasando ada miripnya dengan alat musik dawai lainnya seperti gitar, biola, kecapi, dan harpa. Ada 2 jenis sasando yang dikenal saat ini yaitu sasando tradisional dan sasando elektrik, yang pada perkembangannya dari bentuk sasando tradisional yang memanfaatkan pelepah daun lontar sebagai ruang resonansi menjadi sasando elektrik yang memanfaatkan spul elektrik sebagai transduser yang mengubah sinyal bunyi mekanik menjadi sinyal listrik. Cara memainkan sasando daun ataupun sasando elektrik yang berjumlah dawai 32 adalah dengan memetik tali-tali menggunakan 7 jari, tetapi pada umumnya pemain hanya bisa menguasai sampai 5-6 jari. Jarang didapati orang yang bisa memetik dengan menggunakan 7 jari. Inilah yang menyebabkan banyak orang yang tidak mampu memainkan alat musik ini [1].

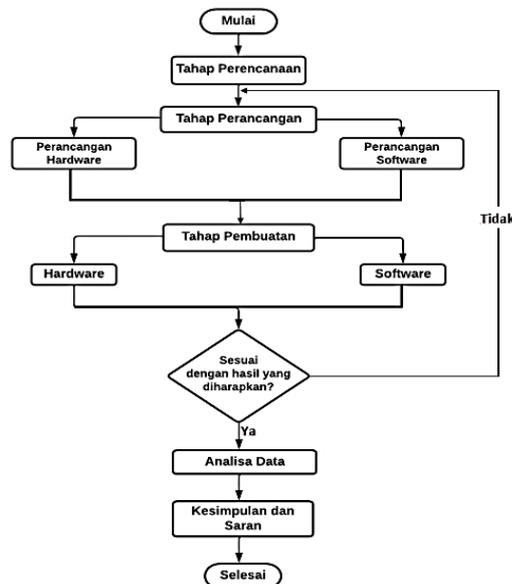
Sebelumnya telah dilakukan penelitian oleh [2] tentang “Pengaruh Bentuk Daun Lontar Terhadap Intensitas Bunyi Alat Musik Sasando” dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh ukuran daun lontar terhadap intensitas bunyi yang dihasilkan serta menentukan berapa kisaran ukuran daun lontar yang baik agar bisa menghasilkan intensitas bunyi yang tinggi pada alat musik sasando. Dari hasil penelitian ini disimpulkan bahwa selain faktor jarak, temperatur, dan kelembapan, ukuran daun lontar juga sangat berpengaruh terhadap intensitas bunyi Sasando. Intensitas bunyi maksimum rata-rata dari Sasando adalah $2,85 \times 10^{-5} \text{ W/m}^2$ pada dawai dawai 7 atau nada si dengan diameter horizontal daun lontar sebesar 40 cm dan intensitas terendah adalah $9,68 \times 10^{-7} \text{ W/m}^2$ berada pada dawai 4 atau nada fa dengan diameter horizontal daun lontar sebesar 50 cm. Diameter horizontal daun lontar yang baik agar bisa menghasilkan intensitas bunyi yang tinggi adalah daun lontar dengan diameter horizontal sebesar 40 cm.

Penelitian oleh [3] tentang “Experiments on the Quality of the Output Tone on the Electric Sasando Produced by Edon and Oebelo With A Variety of Wire Materials” dilakukan untuk mengkaji kualitas output nada sasando biola elektrik produksi Oebelo dan Edon Sasando berdasarkan aspek transduser dan jenis kawat yang digunakan, serta membangun aplikasi simulasi berplatform Android. Hasilnya sasando elektrik Edon memiliki rentang frekuensi dan intensitas yang sedikit lebih rendah dibandingkan sasando elektrik Oebelo. Sasando elektrik Edon dan sasando elektrik Oebelo berturut-turut memproduksi rentang intensitas (-15 s/d -77) dB dan (-37,32 s/d -74,91) dB dan rentang frekuensi (75 s/d 1015) Hz dan (86 s/d 1314) Hz. Penelitian lainnya pada tahun 2020 tentang “Identifikasi Aspek Gelombang Bunyi Alat Musik Sasando Tradisional Dan Sasando Elektrik”. Subjek penelitian ini adalah bunyi alat musik sasando tradisional dan sasando elektrik yang bertipe sasando biola dengan jumlah dawai 32. Bunyi alat musik sasando direkam dengan mikrofon Havit Straight M-80 dan dianalisis menggunakan perangkat lunak Wavepad sound editor. Aspek gelombang bunyi ditentukan dengan menggunakan metode Fast Fourier Transform (FFT). Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka disimpulkan bahwa Sasando tradisional dan sasando elektrik memiliki rentang frekuensi dari 86 Hz sampai 1206 Hz dan 97 Hz sampai 1077 Hz, rentan intensitas dari sasando tradisional dan sasando elektrik secara berturut-turut (-45,95) dB sampai (-12,39) dB dan (-45,27) dB sampai (-9,78) dB.

Dimasa sekarang ini perkembangan teknologi yang semakin canggih dapat digunakan untuk mendapatkan solusi dari sebuah permasalahan. *Internet of Things* (IoT) menjadi salah satu pilihan untuk mengontrol dan memantau secara otomatis dari jarak jauh. IoT adalah suatu konsep yang mana pertukaran informasi dan interaksi dengan benda di sekitar lingkungan dengan perantara jaringan internet sehingga mampu memantau dan mengontrolnya secara jarak jauh tanpa interaksi secara langsung ataupun manual [4]. Pada tahun 2017, dilakukan penelitian yang berjudul “Rancang Bangun Aplikasi Virtual Sasando Sebagai Media Memainkan Alat Musik Sasando Menggunakan *Leap Motion Controller*” dengan hasil yang didapatkan dari proses perancangan, implementasi, serta pengujian dapat disimpulkan bahwa aplikasi virtual untuk memainkan sasando dapat dieksekusi dengan baik dengan leap motion controller yang dapat mendeteksi gerakan jari yang memetik senar [5].

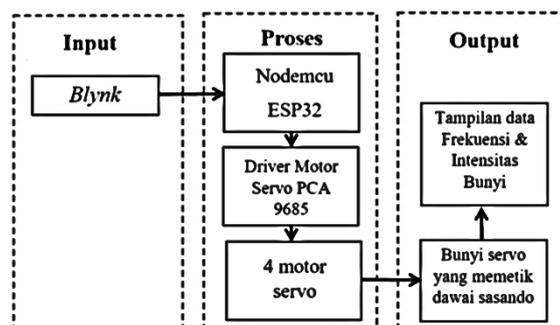
Pada penelitian ini dirancang sebuah prototipe yang memanfaatkan IoT dan Blynk yang akan mengontrol motor servo untuk menggerakkan 4 dawai sasando elektrik. Output nada yang dihasilkan akan diukur nilai frekuensi dan intensitasnya lalu akan dibandingkan dengan nilai frekuensi yang standar.

METODE



Gambar Error! No text of specified style in document.1. Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tahapan seperti yang tertera pada diagram alir di atas. Dimulai dengan tahap perencanaan. Dimana penulis membuat perencanaan penelitian dengan mengidentifikasi masalah, alat dan perangkat lunak yang digunakan, serta hasil akhir yang ingin dicapai dari penelitian. Studi literatur dilakukan dengan mencari dan mengumpulkan data dan hal lain yang terkait dengan masalah, dari berbagai sumber, baik dari data, website, maupun jurnal-jurnal. Peneliti juga menyiapkan alat-alat dan perangkat lunak yang dibutuhkan dalam penelitian yaitu: ESP32, PCA 9685, Motor Servo, Kabel USB, Kabel Jumper, Laptop, Sound Level Meter, software Arduino IDE, Blynk App, Soundcorset Tuner & Metronome, dan Sasando Elektrik. Setelah itu masuk pada tahap perancangan sistem prototipe. Gambaran dasar mengenai perancangan perangkat dapat dilihat pada diagram blok pada gambar 2. Untuk blok diagram sistem ini, dikelompokkan menjadi 3 bagian, yang meliputi *Input*, *Proses*, dan *Output*. Perancangan ini terdiri dari rancangan *hardware* dan *perancangan software*. Merancang program sistem kontrolnya menggunakan *software* Arduino IDE dan aplikasi *blynk*, sehingga nanti motor servo dikontrol melalui *blynk* untuk memetik dawai sasando sehingga menghasilkan bunyi.



Gambar 2. Blok Diagram Sistem

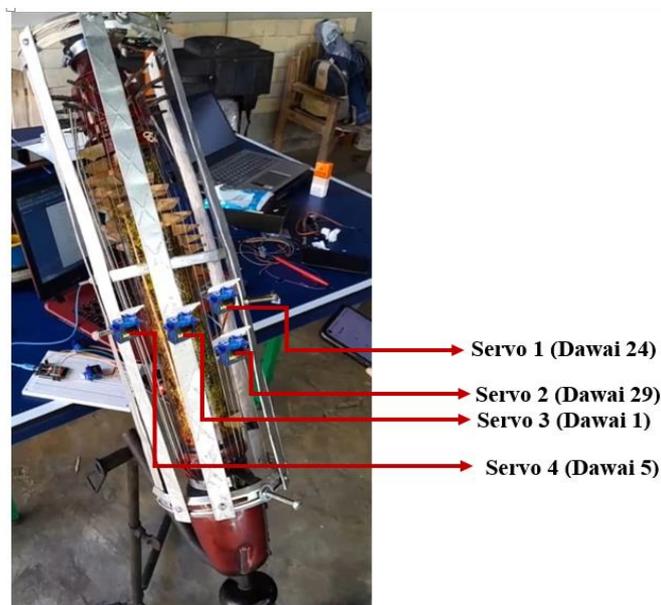
Input berasal dari aplikasi *blynk* yang menunjukkan 4 slider mewakili 4 motor servo. Pada bagian proses, terdapat Nodemcu ESP32, *Driver* motor servo PCA 9685, dan 4 buah motor servo SG90. Setelah mendapatkan *input* dari Blynk, ESP32 akan memberikan perintah kepada *driver* motor servo PCA 9685 untuk menggerakkan motor servo. Pada bagian *output*, motor servo yang digerakkan akan memetik dawai

sasando sehingga menghasilkan bunyi. Kemudian bunyi tersebut akan diukur nilai frekuensi dan intensitasnya menggunakan *Sound Level Meter* dan aplikasi *Soundcorset Tuner & Metronome* pada *android*. Rangkaian elektroniknya menggunakan Nodemcu ESP32 DevKit sebagai mikrokontroler. Komponen yang terhubung dengan ESP32 adalah *driver* motor servo PCA 9685 untuk menggerakkan 4 buah motor servo SG90. Servo 1 dipasang pada memetik dawai nomor 24, servo 2 dipasang pada dawai nomor 29, servo 3 dipasang pada dawai nomor 1, dan servo 4 dipasang pada dawai nomor 5. Konfigurasi pin driver PCA 9685 ke ESP32 yaitu: GND pada PCA 9685 dihubungkan ke GND ESP32, V+ pada PCA 9685 dihubungkan ke VIN ESP32, VCC pada PCA 9685 dihubungkan ke VIN ESP32, SDA pada PCA 9685 dihubungkan ke D21 ESP32, dan SCL pada PCA 9685 dihubungkan ke D22 ESP32. Konfigurasi motor servo ke PCA 9685 yaitu: kabel GND (warna coklat) dari servo dihubungkan ke pin GND PCA 9685, kabel V+ (warna merah) dihubungkan ke pin V+ PCA 9685, dan kabel PWM (warna jingga) dihubungkan ke pin PWM PCA 9685. Keempat motor servo dihubungkan secara berurutan pada PCA 9685 dimulai dari 0,1,2,3. Untuk mengupload data dari kode program dari Arduino IDE ke ESP32 maka digunakan kabel USB. Dirancang sebuah penyangga dari aluminium berbentuk setengah lingkaran yang melingkari badan sasando elektrik. Penyangga ini juga sebagai tempat untuk meletakkan 4 buah motor servo. Setiap motor servo SG90 akan dikaitkan pada plat aluminium dengan jarak sekitar 1,5 cm dengan dawai sasando.

Setelah tahap perancangan dan pembuatan, maka dilakukan tahap proses pengambilan data. Tahap ini dilakukan dengan memberikan perintah dari aplikasi *Blynk*. Terdapat 4 slider yang mewakili 4 buah motor servo. Pada setiap servo dilakukan 6 kali pengambilan data dengan variasi sudut yang berbeda, yaitu sudut 0° - 60° , 0° - 90° , 0° - 180° , dan sebaliknya. Ketika servo memetik dawai, maka bunyi yang dihasilkan akan diukur nilai frekuensi dan intensitasnya menggunakan aplikasi *Soundcorset Tuner & Metronome* dan *Sound Level Meter*. Hasil dari pengambilan data dicatat dalam tabel. Data yang sudah diambil kemudian dianalisis, apakah frekuensinya sesuai dengan nilai standar dan intensitasnya.

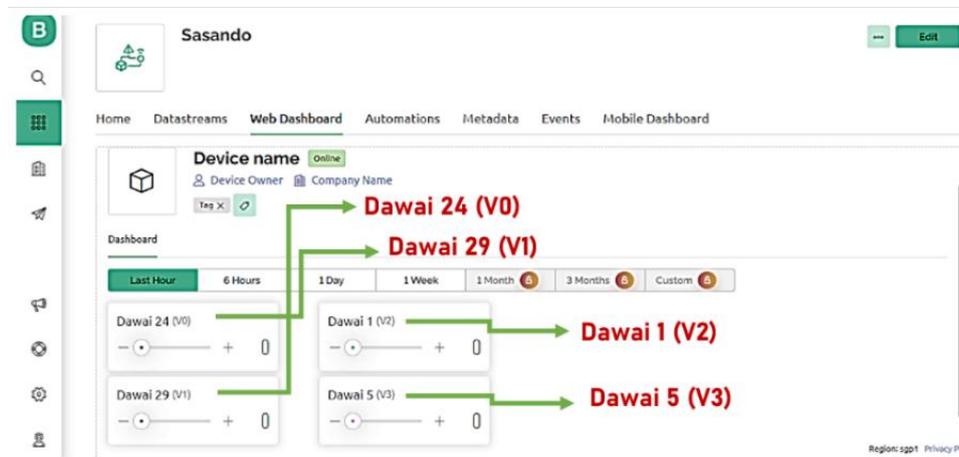
HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan prototipe sistem ini menggunakan Nodemcu ESP32 sebagai pusat kendali dan pemroses data masukan. Data yang diproses ialah besaran sudut yang input melalui antarmuka untuk menggerakkan motor servo. Digunakan juga Driver Motor Servo PCA 9685 untuk menyambungkan 4 motor servo yang digunakan. *Output* dari sistem ini ialah bunyi dari gerakan motor servo yang memetik dawai sasando elektrik. Untuk perancangan mekanik, yaitu penyangga sebagai tempat untuk memasang servo digunakan besi aluminium. Penyangga ini dibuat setengah lingkaran dengan diameter 12 cm, dengan panjang 60 cm, dan lebar 2,5 cm. Pada bagian atas dan bawah dipasang klem yang berfungsi sebagai pengait pada *body* sasando. Klem ini ketika dipasang, dapat disesuaikan dengan diameter bagian atas dan bawah *body* sasando. Pada gambar 2 menampilkan rancangan mekanik dari sistem yang telah dibuat.



Gambar 3. Hasil Rancangan Mekanik

Pada gambar 3 terlihat bahwa ada 4 *slider* yang mewakili 4 motor servo. Servo 1 dawai nomor 24, servo 2 dawai nomor 29, servo 3 dawai nomor 1, dan servo 4 dawai nomor 5. Besar sudut dimulai dari 0°-180°. Untuk menentukan besar sudut maka *slider* tersebut digeser ke arah kanan sampai ke nilai sudut yang telah diatur, sedangkan untuk kembali ke sudut awal (0°), *slider* digeser ke arah kiri. Untuk mengubah besar sudut, maka dapat diganti pada *software blynk* ini, di bagian menu *Datastream*.



Gambar 4. Desain Antarmuka *Blynk*

Proses pengambilan data dilakukan setelah penyangga dipasangkan pada *body* sasando. Empat buah motor servo yang dipakai dipasangkan pada 4 dawai sasando yaitu dawai nomor 1 dan 5 dengan irama melodi, dawai nomor 24 dengan irama bass, dan dawai nomor 29 dengan irama ritme. Setiap motor servo telah dilakukan kalibrasi terlebih dahulu. Pada setiap dawai, besar sudut divariasikan untuk membuat gerakan petikan servo. Dimulai dari sudut 0°-60°, 0°-90°, 0°-180° dan sebaliknya. Setiap sudut dilakukan tiga kali pengambilan data. Jadi, pada setiap servo dilakukan 18 kali pengambilan data. Hasil dari pengambilan data dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Hasil Sampling Data

No. Dawai	Irama	Sudut (°)	Data Percobaan			Data Standar		Waktu Respon (s)	Error (%)
			Frekuensi (Hz)	Intensitas (dB(A))	Chord	Frekuensi (Hz)	Chord		
24	Bass	0-180	227	81,1	A#3	227	A#3	0,16	2,6
			227	81,4	A#3			0,13	
			227	81,3	A#3			0,18	
		180-0	227	65,4	A#3			0,17	
			220	79	A			0,16	
			227	79,7	A#3			0,15	
		0-90	227	73,1	A#3			0,16	
			227	66,7	A#3			0,13	
			227	67,5	A#3			0,13	
		90-0	227	81,4	A#3			0,16	
			220	78,8	A			0,15	
			227	79,8	A#3			0,16	
0-60	227	69,4	A#3	0,15					

			227	81,5	A#3			0,18						
			227	78,3	A#3			0,13						
		60-0	220	67,4	A			0,15						
			227	81,4	A#3			0,13						
			227	75,3	A#3			0,16						
29	Ritme	0-180	394	84,7	F	377	F#4	0,18	7,61					
			377	84,4	F#4			0,16						
			377	84,6	F#4			0,17						
		180-0	377	84,1	F#4			0,15						
			377	78,3	F#4			0,14						
			377	67,9	F#4			0,17						
		0-90	394	76,6	F			0,17						
			377	81,6	F#4			0,17						
			377	78,5	F#4			0,2						
		90-0	377	81,4	F#4			0,19						
			394	79,6	F			0,18						
			377	79,3	F#4			0,18						
		0-60	394	75,7	F			0,16						
			394	77,2	F			0,15						
			377	71,7	F#4			0,19						
		60-0	377	76,1	F#4			0,16						
			377	84,1	F#4			0,15						
			377	74,4	F#4			0,16						
		1	Melodi	0-180	894			76,4		A5	894	A5	0,18	5,21
					894			76,2		A5			0,19	
894	76,3				A5	0,17								
180-0	894			76,3	A5	0,16								
	880			72,3	A	0,19								
	894			77,8	A5	0,17								
0-90	894			76,2	A5	0,16								
	894			76,1	A5	0,16								
	894			76,3	A5	0,18								
90-0	894			76,2	A5	0,17								
	880			76,1	A	0,19								
	894			69,4	A5	0,22								
0-60	880			76,2	A	0,18								
	894			76,4	A5	0,18								
	894			76,4	A5	0,18								
60-0	894			76,1	A5	0,17								
	894			76,3	A5	0,19								

			894	69,4	A5			0,21	
5	Melodi	0-180	603	74,6	D5	603	D5	0,13	7,54
			603	80,5	D5			0,09	
			603	79,5	D5			0,14	
		180-0	587	82	D			0,12	
			603	83,4	D5			0,15	
			587	81,4	D			0,14	
		0-90	603	79	D5			0,13	
			603	82	D5			0,12	
			587	82	D			0,12	
		90-0	603	84,7	D5			0,09	
			587	82	D			0,11	
			603	82	D5			0,12	
		0-60	603	79,1	D5			0,13	
			603	79,1	D5			0,13	
			587	79,9	D			0,11	
		60-0	603	84	D5			0,12	
			587	82	D			0,12	
			603	80,3	D5			0,11	

Berdasarkan hasil sampling data di atas, dapat dilihat bahwa rata-rata nilai frekuensi yang didapatkan dalam percobaan sama dengan nilai frekuensi pada keadaan standar dari sasando elektrik Edon. Setiap dawai dipetik dengan variasi sudut yang berbeda-beda yaitu 0-60°, 0-90°, 0-180°, dan sebaliknya. Pada setiap dawai dilakukan 18 kali pengambilan data. Pada dawai 24, muncul 15 data dengan frekuensi 227 Hz dan muncul 3 nilai frekuensi yang berbeda yaitu 220 Hz sehingga adanya error simpangan sebesar 2,6%. Pada dawai 29, muncul 13 data dengan frekuensi 337 Hz dan muncul 5 nilai frekuensi yang berbeda yaitu 394 Hz sehingga adanya error simpangan sebesar 7,61%. Pada dawai 1, muncul 15 data dengan frekuensi 894 Hz dan muncul 3 nilai frekuensi yang berbeda yaitu 880 Hz sehingga adanya error simpangan sebesar 5,21%. Pada dawai 5, muncul 12 data dengan frekuensi 603 Hz dan muncul 6 nilai frekuensi yang berbeda yaitu 587 Hz sehingga adanya error simpangan sebesar 7,54%.

Nilai intensitas bunyi yang terukur pun berbeda pada setiap dawai, baik dawai 24, dawai 29, dawai 1, dan dawai 5. SLM mencatat interval nilai intensitas yang diperoleh pada dawai 24 ialah dari 65,4–81,5 dB(A), dawai 29 interval intensitas bunyinya ialah dari 67,9–84,7 dB(A), dawai 1 interval intensitas bunyinya ialah dari 69,4–77,8 dB(A), dawai 5 interval intensitas bunyinya ialah dari 74,6–84,7 dB(A). Parameter dB(A) lebih dikhususkan untuk standar intensitas pendengaran manusia, sedangkan dB mewakili nilai logaritmik rasio terhadap nilai ambang. dB pada akustik referensinya aspek pendengaran manusia dengan nilai ambang 10-12 W/m², lebih khusus yang diklasifikasikan dalam dB(A). Rentangnya antara 30-140 dB. Nilai dB positif berarti bahwa bunyi beberapa kali lebih keras dari ambang. Intensitas dB pada elektronik atau pengolahan sinyal audio berbasis elektronik tergantung pada pengaturan set audio atau konteks situasi. 0 dB pada elektronik didasarkan pada tingkat bunyi paling keras sebelum mengalami distorsi, maka intensitas bunyi untuk terapan elektronik dinyatakan dengan dB negatif. Nilai dB negatif berarti bunyi beberapa kali lebih lembut dari ambang (Warsito, A 2019).

Nilai intensitas yang berbeda-beda dapat disebabkan karena ketelitian pemasangan servo yang membuat kedudukan servo tidak terlalu kuat, sehingga ketika servo digerakkan terjadi pergeseran dan mengakibatkan petikan tidak kuat, perubahan standar kalibrasi seiring waktu, dan faktor interferensi medan magnet sekitar terhadap output sinyal sampel dawai sasando elektrik.

Nada/chord selalu mengikuti nilai frekuensi. Pada Dawai 24, nada yang muncul adalah A#3 dan A. Pada Dawai 29, nada yang muncul adalah F#4 dan F. Pada Dawai 1, nada yang muncul adalah A5 dan A. Pada Dawai 5, nada yang muncul adalah D5 dan D. Jika hanya didengar dengan telinga saja, maka agak sulit untuk membedakan beberapa nada yang menyimpang dari nada standar.

Waktu respon yang bervariasi dapat disebabkan oleh delay dari jaringan internet dan human error, sehingga tidak stabil. Motor servo yang memetik dawai 24 memberikan respon dengan interval waktu 0,13-0,18 detik, dengan rata-rata 0,15 detik. Pada dawai 29, motor servo memberikan respon dengan interval waktu antara 0,14-0,20 detik, dengan rata-rata 0,16 detik. Untuk dawai 1, motor servo memberikan respon dengan interval waktu antara 0,16-0,22 detik, dengan rata-rata 0,18 detik. Sedangkan dawai 5, motor servo memberikan respon dengan interval waktu antara 0,9-0,15 detik, dengan rata-rata 0,12 detik. Sehingga secara keseluruhan waktu respon dari keempat servo ketika diberikan perintah dari Blynk untuk memetik dawai adalah 0,15 detik.

Dari 18 kali pengambilan data dengan variasi sudut yang berbeda untuk 4 dawai tersebut, kinerja petikan motor servo dengan sudut 0° - 180° dan 180° - 0° menghasilkan frekuensi, nada, dan waktu respon yang cukup baik. Apabila percobaan dilakukan lebih dari 18 kali, maka bisa saja tidak terjadi penyimpangan nilai frekuensi dan nada. Dilihat dari segi waktu, motor servo untuk dawai 5 memberikan respon lebih baik yaitu 0,9-0,15 detik.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, kesimpulan bahwa perangkat keras prototipe pemetik dawai sasando elektrik berbasis IoT telah berhasil dibuat dengan menggabungkan beberapa komponen dan rangkaian, diantaranya catu daya sebagai sumber tegangan; driver motor servo PCA 9685 untuk memasang motor servo, dan 4 motor servo untuk menggerakkan dawai sasando elektrik. Setiap rangkaian dan komponen tersebut dihubungkan ke mikrokontroler Nodemcu ESP32 sebagai pusat kendali. Rata-rata waktu respon yang diberikan oleh motor servo ketika menggerakkan dawai 24, dawai 29, dawai 1, dan dawai 5 secara berturut-turut adalah 0,15 detik, 0,16 detik, 0,18 detik, dan 0,12 detik. Motor servo yang digunakan dapat menggerakkan dawai sehingga menghasilkan bunyi dengan frekuensi dan nada secara berurutan, yaitu dawai 24 227 Hz dan A#3, dawai 29 377 Hz dan F#4, dawai 1 894 Hz dan A5, serta dawai 5 603 Hz dan D5.

Saran

Dalam pembuatan proyek tugas akhir ini, ditemukan hal-hal yang menjadi kekurangan, sehingga dibutuhkan penelitian lebih lanjut agar prototipe ini bisa lebih efektif digunakan. Kedepannya diharapkan agar penyangganya bisa menggunakan bahan yang lebih kokoh, antarmuka yang ditampilkan dibuat dengan menggunakan *button*, dan menggerakkan lebih dari 4 dawai lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Muntasir, J., Edon, L., Mayners, C. & Awaluddin, S. 2020. *Pendampingan Siswa SMP Dan SMA dalam memainkan Alat Musik Tradisional Sasando Daun Untuk Melestarikan Alat Musik Tradisional Etnik Nusa Tenggara Timur*. Jati Emas.
- [2] Gelu, A., Sulhadi., Darsono, T. & Liwa, K. 2017. *Pengaruh Bentuk Daun Lontar Terhadap Intensitas Bunyi Alat Musik Sasando*. Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2017, vol. 6, pp. 75-80.
- [3] Warsito, A., Sianturi, H. & Mohamad, J. 2019. *Experiments on the Quality of the Output Tone on the Electric Sasando Produced by Edon and Oebelo With A Variety of Wire Materials*. Atlantis Press, vol. 474, pp. 1-5.
- [4] Setyanto, D., Salahuddin, N. 2022. *Prototipe Monitor dan Kontrol Otomatis Iklim Mikro Greenhouse dengan Platform IoT Blynk*. Techno.COM, vol. 21, pp. 89-103.
- [5] Mooy, T.I. 2017. *Rancang Bangun Aplikasi Virtual Sasando, Sebagai Media Memainkan Alat Musik Sasando Menggunakan Leap Motion Controller*. Undergraduate Thesis, Institut Teknologi Sepuluh November.

- [6] Kaba, M., Warsito. A. & Laponi, L. 2020. *Identifikasi Aspek Gelombang Bunyi Keluaran Alat Musik Sasando Tradisional dan Sasando Elektrik*. Jurnal Fisa, vol. V, pp. 2503-5274.

ANALISA KONSISTENSI NADA DAN INTENSITAS BUNYI PETIKAN SISTEM ROBOTIK PADA SASANDO BIOLA ELEKTRIK BERBASIS ESP32 IOT

Ali Warsito, Jonshon Tarigan, Ari Bangkit Sanjaya Umbu, Minsyahril Bukit, Abdul Wahid^{1*}

¹Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Jl. Adisucipto-Penfui, Kota Kupang,
Nusa Tenggara Timur, Kode Pos 85148, Indonesia
E-mail: ali.warsito@staf.undana.ac.id

Abstrak

Telah dilakukan analisis konsistensi nada dan tingkat intensitas bunyi berdasarkan data eksperimen petikan pada 10 dari 32 dawai alat musik sasando elektrik yang dikonfigurasi sebagai prototipe sistem robotik. Menerapkan teknologi Internet of Think (IoT) berbasis mikrokontroler ESP32 DevKit, motor servo dan driver PCA 9586 pada sasando elektrik sebagai bagian inovasi sasando dari alat musik tradisional menjadi bagian budaya modern di era 4.0. Tujuan penelitian ini selain pembuatan prototipe adalah agar didapatkan output petikan dawai yang menghasilkan nada dan tingkat intensitas bunyi yang konsisten dan stabil, sebagai justifikasi bahwa sistem robotik didesain dengan baik. Hasil analisis menunjukkan bahwa nada yang dihasilkan 10 dawai sasando dalam format $f(\Delta f)$ -chord berturut-turut sebagai berikut 464,2(+2Hz)-A#4, 434(+6 Hz)-A4, 396,2(-0,6Hz)-G4, 376,6(-6,6Hz)-F#4, 332(+7,6Hz)-E4, 299,8(+6,1Hz)-D4, 107,6(+2,4Hz)-A2, 74,6(-1,2Hz)-D2, 279,8(-2,6Hz)-C#4 dan 301(-7,3Hz)-D4, dengan interval simpangan antara 0,2% – 2,5%. Simpangan dari standar nada tidak berpengaruh pada chord karena masih dalam rentang interval frekuensi chord dawai. Tingkat intensitas bunyi keluaran dari 10 dawai rerata terendahnya sebesar 58,4 dB yang dimiliki oleh dawai nomor 20 (bass) dan tertinggi sebesar 81,4 dB pada dawai 9 (melodi). Tingkat intensitas representatif untuk dawai string yang dipetik dengan stik plastik solid. Analisa rerata waktu respon sistem robotik pemetik dawai sasando yang dirancang sekitar 0,28 sekon menunjukkan sistem IoT yang dibangun dengan ESP32 Dev Kit berkinerja cukup baik dan stabil.

Kata kunci : Nada, Tingkat Intensitas Bunyi, Sasando elektrik, IoT, Robotik, ESP32, Motor Servo

Abstract

An analysis of pitch consistency and sound intensity levels has been carried out based on experimental picking data on 10 of the 32 strings of the electric Sasando musical instrument configured as a robotic system prototype. Applying Internet of Think (IoT) technology based on the ESP32 DevKit microcontroller, servo motor and PCA 9586 driver on the electric sasando as part of the sasando's innovation from traditional musical instruments to part of modern culture in the 4.0 era. The aim of this research, apart from making a prototype, is to obtain a string output that produces a consistent and stable tone and sound intensity level, as justification that the robotic system is well designed. The aim of this research is to obtain a string output that produces a consistent and stable tone and sound intensity level, as justification that the robotic system is well designed. The analysis results show that the tones produced by 10 sasando strings in $f(\Delta f)$ -chord format are as follows: 464.2(+2Hz)-A#4, 434(+6 Hz)-A4, 396.2(-0.6Hz)-G4, 376.6(-6.6Hz)-F#4, 332(+7.6Hz)-E4, 299.8(+6.1Hz)-D4, 107.6(+2, 4Hz)-A2, 74.6(-1.2Hz)-D2, 279.8(-2.6Hz)-C#4 and 301(-7.3Hz)-D4, with deviation intervals between 0.2% – 2.5%. Deviations from the standard tone have no effect on the chord because it is still within the string chord frequency interval range. The lowest average output sound intensity level from 10 strings is 58.4 dB for string number 20 (bass) and the highest is 81.4 dB for string 9 (melody). Representative intensity levels for a string plucked with a solid plastic stick. Analysis of the average response time of the Sasando string picking robotic system designed at around 0.28 seconds shows that the IoT system built with the ESP32 Dev Kit performs quite well and is stable.

Keywords: Tone, Sound Intensity Level, Electric Sasando, IoT, Robotics, ESP32, Servo Motor

PENDAHULUAN

Inovasi berkelanjutan telah dilakukan oleh banyak pihak diantaranya para perajin, praktisi dan peneliti dengan dukungan stakeholder agar alat musik sasando yang berciri tradisional tidak punah, bisa beradaptasi dengan teknologi dan menjadi bagian dari budaya modern. Beragam inovasi dilakukan mulai dari diversifikasi produk, modifikasi ruang resonansi, implementasi transduser spul menjadi sasando elektrik dan terintegrasi dengan sound system. Jutomo dkk [1] dan Muntasir, etal [2] melakukan diversifikasi kualitas produk sasando buatan Edon Sasando sehingga makin variatif dan menarik dalam serta program perluasan pemasarannya sebagai upaya melestarikan budaya lokal.

Secara fisis sasando elektrik menjawab kekurangan dan keterbatasan sasando tradisional, dimana kualitas sinyal bunyi keluarannya yang sebelumnya bersifat analog menjadi sinyal listrik. Caranya dengan menambahkan transduser yang merubah sinyal mekanik bunyi menjadi sinyal listrik baik dengan memasang microphone sensitif atau menempatkan spull elektrik. Desain awal spull elektrik sasando dilakukan oleh Arnoldus Edon tahun 1958 [3] dan ditindaklanjuti putranya Habel Edon hingga tahap paten dalam metode pembuatan sasando elektrik [4]. Masih dalam satu skema riset Hilink dengan Jutomo dkk, Warsito, A dkk [5] telah merancang prototipe spul sasando tester yang digunakan sebagai alat penguji lolos fungsional spul secara efektif pada produksi sasando elektrik di Edon Sasando. Alat ini berhasil menjaga standar fungsi spull agar sinyal konversinya berkualitas.

Kualitas sasando sebagai alat musik terletak pada bunyi nada keluaran yang dihasilkan. Dewi Tukan. dkk (2020) menyajikan secara naratif ciri khas dalam konfigurasi nada dan penyetemannya sasando elektrik edon. Penyeteman teridentifikasi dengan klasifikasi dalam pilahan nada pada tangan kanan dan kiri [6]. Warsito, A dkk [7] dan Kaba, M, dkk [8] melakukan identifikasi aspek gelombang bunyi sasando tradisional dan sasando elektrik, dengan membandingkan gain tingkat intensitas bunyi dan frekuensi nada keluaran dari sasando tradisional dan sasando elektrik, yang menjustifikasi secara fisis bahwa kualitas nada keluaran dari sasando elektrik layak dan lebih baik dibanding sasando tradisional. Gain reduksi tingkat intensitas bunyi dan frekuensi gelombang pada dawai sasando tradisional terentang antara -20,2 dB (130,8 Hz) dan -37,4 Db (349,2 Hz)[7]. Sementara gain reduksi intensitas bunyi dan frekuensi gelombang pada dawai sasando elektrik terentang antara -21,4 dB (349,2 Hz) dan -44,6 dB (587,3 Hz)[7]. Hasil lain, sasando tradisional dan sasando elektrik memiliki rentang frekuensi dari 86 Hz sampai 1206 Hz dan 97 Hz sampai 1077 Hz, rentan intensitas dari sasando tradisional dan sasando elektrik secara berturut-turut (-45,95) dB sampai (-12,39) dB dan (-45,27) dB sampai (- 9,78) dB.[8]

Disrupsi teknologi informasi dan otomasi di era 4.0 turut mewarnai keberadaan sasando untuk diadaptasi dalam fleksibilitas perangkat portable dan sistem mobile. Djahilape, M.T. [9] dan Warsito, A, dkk [10] secara terpisah telah mendesain Simulasi Tangga Nada Alat Musik Sasando Menggunakan Audacity dan Android Studio. Penelitian [10] berjudul "Experiments on the Quality of the Output Tone on the Electric Sasando Produced by Edon and Oebelo With A Variety of Wire Materials" selain untuk mengkaji kualitas output nada sasando biola ekektrik produksi Oebolo dan Edon Sasando berdasarkan aspek tranduser dan jenis kawat yang digunakan, juga membangun aplikasi simulasi berplatform Android. Aplikasi yang dirancang memuat demo ketukan nada dawai dari dua jenis sasando elektrik yaitu Edon Sasando dan Oebelo.

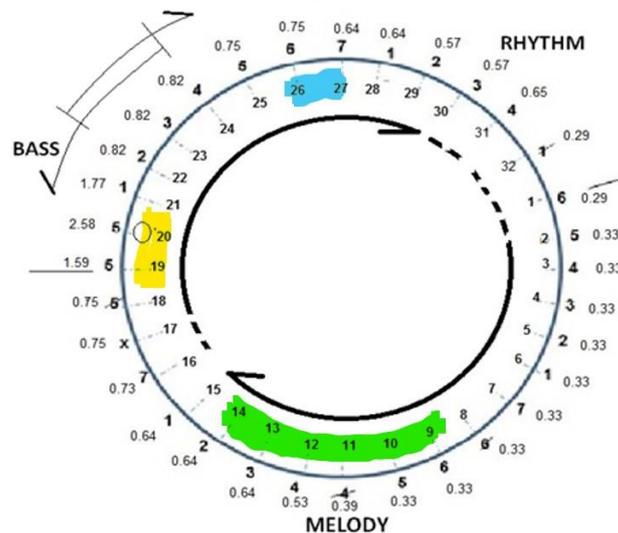
Pada penelitian ini menjadi tahap lanjutan, menyentuh dua dari empat pilar utama di era industri 4.0 yaitu Internet of Things (IoT) dan robotik, disamping Artificial Intelligence (AI) dan Big Data, dimana petikan dawai diimplementasi model robotik menggantikan pemain sesungguhnya pada sasando dan berbasis IoT sehingga proses petikan bisa dilakukan dari jauh. Warsito,A dkk [11] telah membuat prototipe untuk memetik 8 dawai memanfaatkan modul mikrokontroler IoT yang digunakan ESP32 devkit, didevelop dengan Arduino IDE. Blynk digunakan sebagai aplikasi di sisi smart web. Dengan konfigurasi berbeda untuk 10 dawai, penelitian ini mengulik lebih dalam tentang konsistensi nada output yang dihasilkan dari konfigurasi robotik sasando player yang didesain sebagai bentuk justifikasi bahwa kualitas nada sasando tidak berubah walaupun dikontrol oleh sistem robotik.

Konfigurasi Dawai Sasando

Sasando elektrik produksi Edon termasuk dalam kategori sasando biola, sudah full elektrik dan berdawai 32. Gambar 1 memperlihatkan wujud fisik kedua jenis sasando tersebut saat dalam posisi

dimainkan. Dawai sasando Edon dan Oebelo memiliki konfigurasi yang berbeda untuk memetakan nada di 32 dawai. Konfigurasi melodi, bass dan rhythm juga berbeda. Hal itu berimbas pada perbedaan pilihan dawai dan cara bermainnya.

Diameter dawai dan pemetaan nada default di kedua sasando elektrik saat dawai selesai dipasang dan distem menunjukkan karakteristik sasando masing-masing. Diameter diukur dengan jangka sorong. Untuk keseragaman dalam penentuan titik awal identifikasi dawai, no urut pertama dawai sasando dimulai dari dawai pertama melodi, berputar searah jarum jam sampai dawai 32.



Gambar 1 Sasando Edon [10]

Pada sasando elektrik Edon dawai no urut 1 terletak pada dawai ke 10 sisi kanan dari posisi pemain (dawai no 11). Gambar 2.3 memperlihatkan melodi dawai sasando elektrik Edon terletak pada dawai no urut 1 – 18, bass pada dawai ke 19 – 24, rhythm pada dawai ke 22 – 32. Dawai no 22, 23 dan 24 berperan ganda sebagai bass juga sebagai rhythm. Dawai sasando elektrik Edon memiliki diameter antara 0.29 - 2.58 mm. 18 dawai melodi (0.29-0.75 mm), terbagi atas dawai melodi 1-10 memiliki diameter sama (0.33 mm), melodi 14-16 (0.64 mm), melodi 17-18(0.75 mm). Terdapat 6 dawai bass (0.82-2.58 mm), dimana 3 dawai diameter terbesar (1.59; 1.77 dan 2.58), sekaligus sebagai dawai yang berdiameter diatas 1 mm, lainnya dawai 22-24 berdiameter sama (0.82 mm). 9 dawai rhythm dengan diameter (0.29-0.82) mm.[10]

METODE

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan, yaitu perencanaan, perancangan dan realisasi pembuatan prototipe sistem robotik pemetik dawai sasando elektrik. Di tahap perencanaan disiapkan semua bahan, komponen, modul dan peralatan yang diperlukan, Disiapkan gambar desain kerangka housing untuk menempatkan stik servo robotik ½ lingkaran dan lingkaran penuh batang sasando. Penempatan servo pada posisi dawai uji dilakukan dengan kecermatan tinggi agar kedudukan stabil dan tidak bergeser saat proses sampling.

Pada tahap perancangan dilakukan realisasi desain piranti berdasarkan gambar rangkaian dan desain housing. Disiapkan juga kode program untuk NodeMCU ESP32 Devkit dan driver servo motor melalui Arduino IDE dan setting pada Blynk app untuk koneksi berbasis IoT pada ESP32.

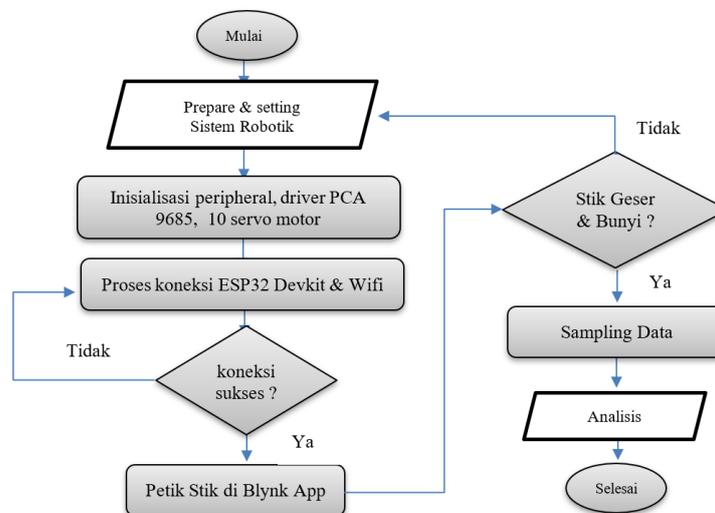
Konfigurasi sistem robotik sasando player yang terlihat pada gambar 2 memuat 3 aspek sistem yaitu input, proses dan output. Berbagai perangkat dan aplikasi yang digunakan yaitu NodeMCU ESP32 Devkit, driver servo PCA 9685, motor servo, sound level meter, software Arduino IDE, Blynk app, Soundcorset Tuner & Metronome, dan sasando elektrik. Sebagai kerangka robotik dirancang housing untuk menempatkan servo sejumlah 10 agar tepat berada diatas dawai dan mampu memetik dawai dengan stabil.

Input	Proses	Output	Set Uji
Aplikasi Blynk IoT	NodeMCU ESP32 Devkit, Driver PCA 9685	Housing, Servo Motor + stik, Nada Dawai	Hp Android, Sound Level Meter & Sound Tuner



Gambar 2. Konfigurasi perangkat keras

Perancangan program sistem kontrolnya menggunakan *software* Arduino IDE dan aplikasi *Blynk*, sehingga nanti motor servo dikontrol melalui *Blynk* melalui jaringan wifi untuk memetik dawai sasando sehingga menghasilkan bunyi. Diagram alir untuk perangkat lunaknya terdapat pada gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir perangkat lunak

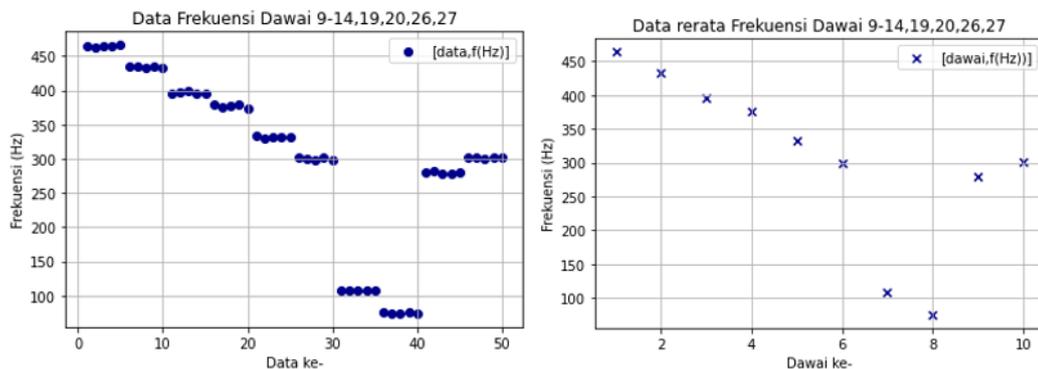
Bagian akhir dari tahap perancangan adalah kalibrasi dan uji fungsionalitas sistem. Mulai dari kestabilan kerangka housing menerima tekanan gerakan dari servo, kestabilan servo untuk menyimpang sejauh 100°, dan kestabilan petikan pada dawai dalam gerak bolak balik. Setelah semuanya stabil, baru dapat dilakukan pengambilan data.

Tahap pengambilan data dilakukan dengan memberikan perintah dari aplikasi *Blynk*. Terdapat 10 slider yang mewakili 10 buah motor servo. Pada setiap servo diambil 5 data dengan variasi sudut servo tetap yaitu 100° bolak-balik. Ketika servo memetik dawai, maka bunyi yang dihasilkan akan diukur nilai frekuensi dan tingkat intensitasnya menggunakan aplikasi *Soundcorset Tuner & Metronome* dan *Sound Level Meter*. Sebagai patokan standar dari nada 10 dawai sasando tersebut, diidentifikasi dalam nomor dawai dan karakteristiknya [frekuensi (Hz) : chord] berturut-turut sebagai berikut : (i) 6 dawai melodi yaitu 9 [466,2:A#4], 10 [440:A4], 11 [395,6:G4], 12[370:F#4], 13 [339,6:E4], dan 14 [305,9:D4]; 2 dawai bass yaitu 19 [110:A2], 20 [73,4:D2]; dan 2 dawai rhythm yaitu 26 [277,2:C#4] dan 27 [293,7:D4].

Data yang sudah diambil kemudian dianalisis, untuk menjawab pertanyaan (i) apakah frekuensi nada dan chord nada dawai konsisten sesuai dengan nilai standar yang ada, adakah simpangan yang terjadi dan (ii) bagaimana kinerja sistem IoT didasarkan pada waktu respon dari perintah petik sampai dawai terpetik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil sampling data didapatkan grafik sebaran data yang ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Grafik sebaran data didasarkan petikan pada 10 dawai sasando sistem robotik

Terdapat 50 data sampel dari 10 dawai yang diuji. Berdasarkan grafik pada gambar 4 menunjukkan bahwa aspek akurasi dan presisi data terpenuhi. Nada/chord selalu mengikuti nilai frekuensi. Masing-masing dawai tetap memberikan output nada pada rentang frekuensi yang masing masuk pada interval nada chordnya. Rangkuman data lebih ringkas dapat dilihat pada Tabel 1 yang memuat rerata parameter uji pada sistem robotik pemetik sasando.

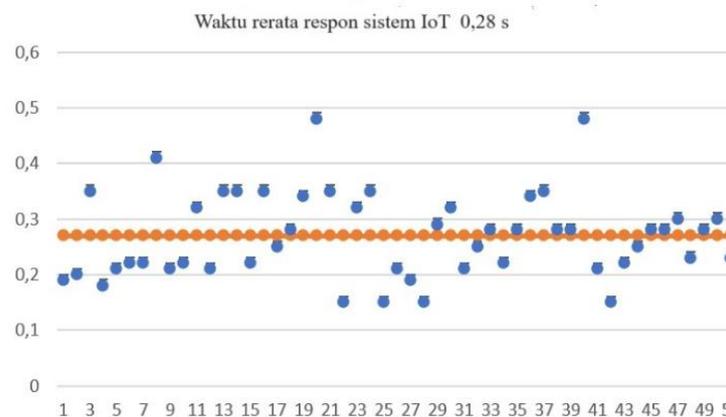
Tabel 1. Rerata Data Uji Sistem Robotik Sasando

Dawai No-	Irama	Frekuensi (f,Hz) Sampel	Frekuensi (f,Hz) Standar	Δf (Hz)	Chord	Tingkat Intensitas (dB)
9	Melodi	464,2	466,2	+2	A#4	81,48
10		434	440	+6	A4	77,82
11		396,2	395,6	-0,6	G4	75,14
12		376,6	370	-6,6	F#4	77,48
13		332	339,6	+7,6	E4	66,94
14	Bass	299,8	305,9	+6,1	D4	75,38
19		107,6	110	+2,4	A2	63,1
20	Rythm	74,6	73,4	-1,2	D2	58,4
26		279,8	277,2	-2,6	C#4	70,9
27		301	293,7	-7.3	D4	77,92

Simpangan frekuensi terbesar pada data dawai 13 yaitu 7,6 Hz dengan nada standar 339,6 Hz. Simpangan frekuensi terkecil pada dawai 11 yaitu -0,6 Hz dari nada standar 395,6 Hz. Interval simpangan antara 0,2% – 2,5% yang menjustifikasi presisi dan akurasi yang baik. Simpangan dari 10 dawai yang disampling terhadap nada standar tidak berpengaruh pada chord karena masih dalam rentang interval frekuensi chord dawai masing-masing. Secara kuantitatif angka-angka simpangan yang cukup kecil tersebut jika didengar dengan telinga saja, maka secara kualitatif tidak akan terbedakan dengan nada standar.

Tingkat intensitas bunyi keluaran dari 10 dawai rerata terendahnya sebesar 58,4 dB yang dimiliki oleh dawai nomor 20 (bass) dan tertinggi sebesar 81,4 dB pada dawai 9 (melodi). Tingkat intensitas bunyi tidak menjadi ukuran kualitas nada dawai, tetapi lebih pada bagaimana bunyi output dari petikan dawai diproduksi. Secara umum berdasarkan data diameter, dawai melodi dan rhythm akan terdengar lebih nyaring dibandingkan dawai bass. Intensitas bunyi dawai dipengaruhi oleh kuat lemahnya energi getaran bunyi. Berbeda dengan frekuensi bunyi yang dipengaruhi oleh tinggi rendahnya bunyi.

Masih terdapat variasi minor pada frekuensi nada dawai kemungkinan terkait pada tegangan dawai yang terganggu kestabilan akibat vektor petikan stik yang tidak normal. Variasi tingkat intensitas bunyi yang masih terjadi mengindikasikan gaya tekan stik pada dawai tidak konstan dari gerak bolak-balik dua arah gerakan motor servo.



Gambar 5. Rerata waktu respon sistem robotik pemetik sasando berbasis IoT

Sistem IoT yang dibangun memanfaatkan NodeMCU ESP32 Devkit dalam sistem robotik pemetik sasando memberikan hasil respon stabil. Gambar 5 menunjukkan waktu respon rerata adalah 0,28 sekond dari keseluruhan data yang berjumlah 50. Rerata waktu respon sistem robotik pemetik dawai sasando yang dirancang sekitar 0,28 sekond menunjukkan sistem IoT yang dibangun dengan ESP32 Dev Kit berkinerja cukup baik dan stabil. Hanya ada 3 petikan (6%) respon diatas 0,4 sekond dan 48% waktu respon dibawah reratanya.

Waktu respon terjauh terjadi pada 2 petikan sebesar 0,48 sekond (71,4%) dari waktu respon reratanya. Secara kuantitatif terpaut jauh dan masih ditoleransi untuk uji data yang tidak rapat dan tempo nada lambat. Waktu respon lebih dari 0,5 sekond dari sistem IoT akan berpengaruh ketika uji petikan nadanya rapat dalam rangkaian nada dengan tempo cepat. Waktu respon yang bervariasi dapat disebabkan oleh delay sistem dari jaringan internet atau delay dari transmisi data dalam piranti.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, interval simpangan antara 0,2% – 2,5%. Simpangan dari standar nada tidak berpengaruh pada chord karena masih dalam rentang interval frekuensi chord dawai. Tingkat intensitas bunyi keluaran dari 10 dawai rerata terendahnya sebesar 58,4 dB yang dimiliki oleh dawai nomor 20 (bass) dan tertinggi sebesar 81,4 dB pada dawai 9 (melodi). Analisa rerata waktu respon sistem robotik pemetik dawai sasando yang dirancang sekitar 0,28 sekond menunjukkan sistem IoT yang dibangun dengan ESP32 Dev Kit berkinerja cukup baik dan stabil.

Saran

Adanya variasi interval minor pada nada dawai kemungkinan terkait pada tegangan dawai yang terganggu kestabilan akibat vektor petikan stik yang tidak normal. Variasi intensitas yang masih terjadi mengindikasikan gaya tekan stik pada dawai tidak konstan dari dua arah gerakan motor servo. Diperlukan penelitian lebih lanjut dalam perbaikan kerangka housing dari aluminium plat menjadi aluminium batang persegi agar kestabilan motor servo dan petikan stik dawai stabil yang berdampak pada output nada yang stabil. Perlu didesain sistem IoT yang lebih responsif untukantisipasi runtutan petikan dawai yang semakin rapat. Analisa rerata waktu respon sistem robotik pemetik dawai sasando yang dirancang sekitar 0,28 sekond menunjukkan sistem IoT yang dibangun dengan ESP32 Dev Kit berkinerja cukup baik dan stabil.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih penulis ucapkan pada pimpinan Prodi Fisika, Fakultas Sains dan Teknik dan Universitas Nusa Cendana untuk skema anggaran PNPB sehingga penelitian dalam topik ini masih bisa berlanjut. Terimakasih pada Bapak Caro Edon atas inspirasi dan karya seni sasando elektrik yang memperkaya khasanah IPTEKS di NTT.

DAFTAR PUSTAKA

1. Jutomo, L, Muntasir, Warsito A., Jati H., dan Lewokeda Y. 2011. *Diversifikasi Peningkatan Kualitas Dan Perluasan Pemasaran Produksi Industri Alat Musik Sasando Tradisional Dan Elektrik Sebagai Upaya Melestarikan Budaya Lokal*. Laporan Program Hi-Link. Kupang: Universitas Nusa Cendana.
2. Muntasir et al. 2019. *Peningkatan Kualitas, Promosi dan Diversifikasi Pemasaran Produksi Alat Musik Sasando Tradisional dan Elektrik sebagai Upaya Melestarikan Budaya Lokal Nusa Tenggara Timur*. JATI EMAS (Jurnal Aplikasi Teknik dan Pengabdian Masyarakat), [S.l.], v. 3, n. 1, p.1-9, mar. 2019. ISSN 2550-0821.
3. Edon, Marline. 2011. *Sejarah Singkat Sasando Elektrik*. Blog Edon Sasando. <https://edonsasando.wordpress.com/2011/11/30/sejarah-singkat-sasando-elektrik/>
4. Edon, Marline. 2019. *Hak Paten Sasando Elektrik*. <https://edonsasando.wordpress.com/>
5. Warsito, A, Jutomo, L, Muntasir. 2011. *Prototipe Spul Sasando Tester Sebagai Bagian Alat Penguji Lolos Fungsional Spul secara Efektif pada Produksi Sasando Elektrik di Edon Sasando*. Jurnal MIPA, Vol 10, No 1A, April 2011. ISSN 0216-583X.
6. Tukan, M.K,A, Ceunfin, F, Kian M. 2020. *Sasando Gaya Edon : Kajian Organologi dan Penyemenan*. Resital Vol 21 No 1. April 2020.
7. Warsito, Ali, Tanesib, L, Jehunias dan Sutaji, I. Hadi. 2018. *Analisis Aspek Gelombang Bunyi Alat Musik Sasando Tradisional dan Elektrik Berdasarkan Metode FFT dan Standar Nada 440*. Laporan Penelitian Dosen Muda. FST Undana.
8. Kaba, M., Warsito, Ali, & Laponi, Laura. 2020. *Identifikasi Aspek Gelombang Bunyi Keluaran Alat Musik Sasando Tradisional Dan Sasando Elektrik*. Jurnal Fisika: Fisika Sains Dan Aplikasinya, 5(2), 100-107. <https://doi.org/10.35508/fisa.v5i2>
9. Djahilape, M.T. 2019. *Simulasi Tangga Nada Alat Musik Sasando Menggunakan Audacity dan Android Studio*. Tugas Akhir. Prodi Fisika FST Universitas Nusa Cendana.
10. Warsito A, Sianturi H Leo dan Mohamad N Juliani. 2020. *Experiments on the Quality of the Output Tone on the Electric Sasando Produced by Edon and Oebelo With A Variety of Wire Materials*. Atlantic Press. <https://doi.org/10.2991/assehr.k.201010.001>
11. Warsito A, Tarigan J, Uumbu Ari BS. 2023. *Perancangan Prototipe Robotik Player Pemetik Dawai Alat Musik Sasando Biola Elektrik*. Laporan Penelitian PNPB Prodi Fisika FST Universitas Nusa Cendana.