



SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN DAN SAINS KIMIA 5 TAHUN 2022 (SNP-SK-5-2022)

"Teknologi Pembelajaran Kimia dan Aplikasi Green Material"

PROSIDING

Editor:

Dr. Yantus A.B. Neolaka, S.Pd., M.Si
Johnson N. Naat, S.Pd., M.Si
Yosep Lawa, S.Pd., M.Biotech
Heru Christianto, S.Pd., M.Pd
Dewi Lestarani, S.Pd., M.Pd
Arvinda C. Lalang, S.Pd., M.Pd

ISSN 2460-027X

*Hak Cipta Dilindungi oleh Undang-Undang
copyright©2022*

**Diterbitkan oleh:
PROGRAM STUDI PENDIDIKAN KIMIA
FKIP-UNDANA
2022
KATA PENGANTAR**

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Kuasa karena dengan limpahan rahmat dan berkat-Nya Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Nusa Cendana (UNDANA) dapat menyelenggarakan Seminar Nasional Pendidikan dan Sains Kimia 5 tahun 2022 dengan Tema **“Teknologi Pembelajaran Kimia dan Aplikasi Green Material”** pada tanggal 24 September 2022 melalui zoom dan *live streaming Youtube* telah menyelesaikan prosiding berupa kumpulan *paper* hasil seminar.

Seminar Nasional ini diadakan setiap tahunnya dengan tujuan untuk meningkatkan profesionalisme peneliti, dosen dan guru sains kimia lewat penelitian-penelitian yang dilakukan baik penelitian pendidikan maupun penelitian ilmiah sehingga dapat mengembangkan keterampilan peneliti, dosen dan guru sains serta menyiapkan generasi-generasi yang unggul dalam bidangnya. Semoga hasil karya tulis yang terangkum dalam prosiding dapat membantu dalam memberikan inspirasi bagi peneliti, dosen dan guru-guru khususnya yang ada di Nusa Tenggara Timur dan dapat menjadi bahan kajian untuk mengembangkan pendidikan dan ilmu kimia demi kesejahteraan bangsa Indonesia di masa yang akan datang.

Pada kesempatan ini, kami sebagai panitia pelaksana mengucapkan terima kasih kepada, pertama: Pembicara utama dalam Seminar Nasional Pendidikan dan Sains Kimia 5 tahun 2022 yaitu Prof. Dr. Sunyono, M.Si dari Universitas Lampung dan Dr. Deana Wahyuningrum, S.Si., M.Si dari Institut Teknologi Bandung. Kedua: Dalam Seminar Nasional ini juga terdapat makalah Pendamping yang berasal dari Universitas Negeri Medan, Politeknik Kesehatan Kupang, FKIP Universitas Nusa Cendana, dan guru-guru yang ada di Nusa Tenggara Timur.

Seminar Nasional ini dapat terselenggara dengan baik karena atas kerja sama dari berbagai pihak dan kerja keras para Panitia penyelenggara. Akhir kata, kami mengucapkan terima kasih kepada Rektor Undana, Dekan FKIP, Panitia Seminar, Peserta Seminar, dan semua pihak yang telah turut membantu pelaksanaan kegiatan ini. Semoga Prosiding dapat menjadi sumbangan yang berarti dalam pengembangan dan peningkatan profesionalisme peneliti, dosen dan guru sains kimia serta generasi-generasi berikutnya.

Kupang, 24 September 2022

Panitia Seminar

SUSUNAN PANITIA SEMINAR

Pelindung	:	Rektor Universitas Nusa Cendana
Penasehat	:	Wakil Rektor Bidang Akademik Universitas Nusa Cendana
Pengarah/Penanggunjawab	:	Dr. Malkisedek Taneo, M.Si (Dekan) 1. Dr. Moses Kopong Tokan, M.Si (Wadek 1) 2. Dr. Jakobis J. Messakh, M.Si (Wadek 2) 3. Dr. Yantus, A.B Neolaka, S.Pd., M.Si. (Kepro. Pend. Kimia)
Ketua	:	Yosep Lawa, S.Pd., M.Biotech
Sekretaris	:	Ni Wayan O.A.C. Dewi, S.Pd., M.Si
Bendahara	:	Lolita A.M. Parera, S.Si., M.Pkim
Seksi Prosiding/Jurnal	:	1. Johnson N Naat, S.Pd., M.Si 2. Sudirman, S.Pd., M.Pd.
Seksi Reviewer	:	1. Dr. Jasman, S.Pd., M.Si 2. Dr. I Gusti M.N. Budiana, S.Si., M.Si 3. Kasimir Sarifudin, S.Si., M.Si
Seksi Kesekretariatan	:	1. Heru Christianto, S.Pd., M.Pd 2. Dewi Lestarani, S.Pd., M.Pd 3. Jacky Anggara Nenohai, S.Pd
Seksi Acara/MC	:	1. Arvinda C. Lalang, S.Pd., M.Pd 2. Dorthea M.W. Nay, S.Pd., M.Si.P 3. Maria Bandung
Seksi Dokumentasi/Tarian	:	1. Eka Citra G. Kerih, S.Si., M.Pd 2. Marlon J. Benu, S.Si., M.Si 3. Aditya Dwipatria De Gatas
Seksi Perlengkapan	:	1. Heovinus Padji, S.Si 2. Gilbert Sunarko 3. Sergius Melo
Moderator Pemakalah Paralel	:	1. Raymundus Rianghepat
Co Host Kelas Paralel	:	1. Vans Metboki 2. Yuleks Juru Mudi

**INFORMASI DAN JADWAL SEMINAR NASIONAL
PENDIDIKAN DAN SAINS KIMIA 5 TAHUN 2022**

Tema : Teknologi Pembelajaran Kimia dan Aplikasi *Green Material*
 Waktu Pelaksanaan : 24 September 2022
 Panitia Pelaksana : Program Studi Pendidikan Kimia, FKIP-Undana
 Metode Kegiatan : Melalui daring menggunakan platform zoom dan youtube
 Sekretariat : Program studi Pendidikan Kimia, FKIP Undana, Jl. Adisucipto, Penfui, Kupang

NO	WAKTU		AGENDA	PENGISI ACARA
	JAM	DURASI		
PEMBUKAAN				
1.	08.30-09.00 WITA	30 Menit	Registrasi	
2.	09.00-09.30 WITA	30 Menit	Penampilan tarian daerah	
			Pembukaan oleh Mc Doa Lagu Indonesia Raya Sambutan- sambutan a. Sambutan oleh ketua panitia (Yosep Lawa, S.Pd., M.Biotech) b. Sambutan oleh Ketua Program Studi (Dr. Yantus A.B. Neolaka, S.Pd.,M.Si) c. Sambutan oleh Dekan FKIP Undana (Dr. Melkisedek Taneo, M.Si)	MC: Raimundus RH Dewi Gatas Host: Jacky A. Nenohai, S.Pd Marlon Benu, S.Si., M.Si Co-Host: Fans Metboki Marselina Andari Luli Tukan Sergius Melo Doa: Stefania Seran
	09.30-09.35 WITA	5 menit	Fast Break	
INTI				
3.	09.35-09.55 WITA	20 menit	Pembicara KeyNote Speaker I (Prof. Dr. Sunyono, M.Si)	Moderator: Sudirman, S.Pd., M.Pd
	09.55-10.35 WITA	40 menit	Tanya Jawab	
	10.35-10.55 WITA	20 menit	Pembicara KeyNote Speaker II (Dr. Deana Wahyuningrum, S.Si., M.Si)	Moderator: Dorthea M.W. Nay, S.Pd., M.Si.P
	10.55-11.35 WITA	40 menit	Tanya Jawab	
	11.35-11.55 WITA	20 menit	Pembicara KeyNote Speaker III (Dr. Yantus A.B. Neolaka, S.Pd., M.Si)	Moderator: Arvinda C. Lalang, S.Pd., M.Pd
	11.55-12.35 WITA	40 menit	Tanya Jawab	

	12.35-13.00 WITA	25 menit	ISHOMA	
	13.00-15.00 WITA	120 menit	<p>Parallel Session Pendidikan Kimia, Fisika, Biologi, IPA (Kelas A) (Invited Speaker: Sudirman, S.Pd., M.Pd) Pemakalah:</p> <p>a. Rivaldo Landu Praing (Universitas Nusa Cendana) “Pengembangan Video Pembelajaran Berbasis <i>Animaker</i> pada Materi Keseimbangan Kimia di SMA/MA”</p> <p>b. Aisah Harahap (Universitas Negeri Medan) “Implementasi Penuntun Praktikum Kimia Terintegrasi Nilai Spiritual untuk Meningkatkan Sikap Spiritual dan Kemampuan Berpikir Kritis”</p> <p>c. Nur Fatni Amirah Harahap (Universitas Negeri Medan) “Pengembangan Penuntun Praktikum Kimia Berbasis <i>Green Chemistry</i> untuk SMA Kelas XI Semester Ganjil”</p> <p>Pendidikan Kimia, Fisika, Biologi, IPA (Kelas B) Pemakalah:</p> <p>a. Luisa Frare (Universitas Nusa Cendana) “Pengembangan Video Apersepsi Berbasis Etnosains menggunakan <i>Kinemaster</i> pada Sub Materi Interaksi Partikel terhadap Perubahan Sifat Fisika Zat dalam Materi Ikatan Kimia”</p> <p>b. Prisca M. Tse (Universitas Nusa Cendana) “Pengembangan Media <i>Game Spinning Wheel</i> pada Materi Stoikiometri di SMK Negeri 7 Kupang”</p> <p>c. Miranda V. Lassa (Universitas Nusa Cendana) “Studi Komparasi Motivasi dan Hasil Belajar Siswa Kelas XI MIPA</p>	Moderator 1 : Tania Tori Moderator 2: Stefania Seran Moderator 3 : Maria Ewaldina Raja Moderator 4 : Sergia Grasela Nembot Co-Host 1: Maria Munde Co-Host 2: Krisanti Niga Co-Host 3: Epifani Setia Co-Host 4: Daniel Langu

			<p>pada Pembelajaran Daring dan Luring terhadap Materi Titrasi Asam Basa di SMA Negeri 6 Kota Kupang”</p> <p>d. Monika J. M. Sobak (Universitas Nusa Cendana) “Pengembangan Video Pembelajaran menggunakan <i>Microsoft Office Powerpoint 2021</i> sebagai Media Pembelajaran Peserta Didik Kelas X MIA pada Materi Pokok Stoikiometri di SMA”</p> <p>Kimia Organik dan Biokimia (Invited Speaker: Dr. Jasman, S.Pd., M.Si & Dr. I. Gusti M.N. Budiana, S.Si., M.Si Pemakalah:</p> <p>a. Florida Landang (Universitas Nusa Cendana) “Analisis Rendemen dan Kualitas <i>Virgin Coconut Oil (VCO)</i> yang Dibuat dengan Pengasaman Menggunakan Cuka Lontar”</p> <p>b. Junarie Bayfeto (Universitas Nusa Cendana) “Identifikasi Metabolit Sekunder pada Sopi Pisang Kepok (<i>Musa paradisiaca L.</i>) yang Difermentasi dengan Ramuan Tradisional Desa Oni”</p> <p>c. Karolina N. Bandung (Universitas Nusa Cendana) “Pengaruh Waktu dan Konsentrasi Substrat pada Hidrolisis Bubur Batang Sorgum Manis (<i>Sorghum Bicolor (L) Moench</i>) Menggunakan Ekstrak Kasar Enzim Selulase <i>Trichoderma reesei</i>”</p> <p>d. Rini Betty (Universitas Nusa Cendana) “Isolasi dan Identifikasi Senyawa Metabolit Sekunder dari Ramuan Tradisional Desa Loles Saenam TTS dalam Sopi Pisang Ambon (<i>Musa Acuminata Cavendish</i>)”</p> <p>e. Elisabet Kurnia (Universitas Nusa Cendana) “Pengaruh Pemberian Asap Cair dan Lama Simpan terhadap Kualitas Organoleptik Daging Se’i”</p> <p>Kimia Anorganik, Kimia Fisika,</p>	
--	--	--	---	--

			<p>Kimia Analitik dan Kimia Lingkungan (Inited Speaker: Kasimir Sarifudin, S.Si., M.Si & Johnson N. Naat, S.Pd., M.Si) Pemakalah:</p> <p>a. Maria Vianey Lamaole (Universitas Nusa Cendana) “Kajian Struktur Kristal dan Komposisi Unsur Katalis CaO/SiO₂ Berdasarkan Variasi Massa CaCO₃ pada Proses Sintesis Katalis dan Uji Aktivitas pada Reaksi Transesterifikasi Minyak Biji Jarak Kepyar”</p> <p>b. Melsi Lakbe (Universitas Nusa Cendana) “Studi Hubungan Antara Massa CaCO₃ pada Sintesis Katalis CaO/SiO₂ dengan Morfologi Permukaan dan Ukuran Partikel serta Rendemen Metil Ester pada Reaksi Transesterifikasi Minyak Biji Jarak Kepyar”</p> <p>c. Agnes Rantesalu, S.Si., M.Si (Politeknik Kesehatan Kupang) “Pengaruh Pemberian Ekstrak Kulit Bawang Merah untuk Mendeteksi Adanya Formalin pada Tahu”</p> <p>d. Mariana Carvalho (Universitas Nusa Cendana) “Studi Literatur; Pengaruh Variasi Konsentrasi NaOH terhadap Produksi Asam Oksalat dengan Bahan Baku Kertas Koran Bekas”</p>	
			PENUTUP	
	15.00-15.05 WITA	5 menit	Doa	Masing-masing Moderator
	15.05-15.10 WITA	5 menit	Dokumentasi	Masing-masing Moderator

DAFTAR ISI

Halaman Utama	<i>halaman</i> i
Kata Pengantar	ii
Susunan Panitia	iii
Informasi dan Jadwal Seminar	iv
Daftar isi	viii

Judul Artikel dan Nama Penulis

Pembelajaran Kimia di Era Revolusi Industri 4.0 dengan Pendekatan <i>Green Chemistry</i> Prof. Dr. Sunyono, M.Si	1
Cairan Ion: Peluang Berbagai Aplikasinya Menuju Material 'Hijau' Dr. Deana Wahyuningrum, S.Si., M.Si	11
Bahan Penghantar Obat Berbasis Zeolit Alam Dr. Yantus A.B Neolaka, S.Pd., M.Si	23
Implementasi Penuntun Praktikum Kimia Terintegrasi Nilai Spiritual untuk Meningkatkan Sikap Spiritual dan Kemampuan Berpikir Kritis Aisah Harahap, Ayi Darmana, Iis Siti Jahro	28
Pengembangan Penuntun Praktikum Kimia Berbasis <i>Green Chemistry</i> untuk SMA Kelas XI Semester Ganjil Nur Fatni Amirah Harahap, Iis Siti Jahro, Ayi Darmana	33
Pengembangan Bioetanol Generasi Kedua di Indonesia: Tantangan dan Harapan Jasman	41
Pengaruh Waktu dan Konsentrasi Substrat pada Hidrolisis Bubur Batang Sorgum Manis (<i>Sorghum Bicolor (L) Moench</i>) Menggunakan Ekstrak Kasar Enzim Selulase <i>Trichoderma reesei</i> Karolina N. Bandung, Jasman, Kasimir Sarifudin	50
Kajian Struktur Kristal dan Komposisi Unsur Katalis CaO/SiO ₂ Berdasarkan Variasi Massa CaCO ₃ pada Proses Sintesis Katalis dan Uji Aktivitas pada Reaksi Transesterifikasi Minyak Biji Jarak Kepyar Maria V. K. Lamaole, Kasimir Sarifudin, Dewi Lestarani	58
Pengembangan Video Motivasi Berbasis Etnosains Menggunakan Kinemaster pada Sub Materi Interaksi Partikel terhadap Perubahan Sifat Fisika Zat dalam Materi Ikatan Kimia Luisa Frare, Lolita A.M. Parera, Arvinda C. Lalang	72
Isolasi dan Identifikasi Senyawa Metabolit Sekunder dari Ramuan Tradisional Desa Loles Saenam TTS dalam Sopi Pisang Ambon (<i>Musa Acuminata Cavendish</i>) Rini I.M. Betty, Yosep Lawa, Jasman	81

Studi Hubungan Antara Massa CaCO_3 pada Sintesis Katalis CaO/SiO_2 dengan Morfologi Permukaan dan Ukuran Partikel serta Rendemen Metil Ester pada Reaksi Transesterifikasi Minyak Biji Jarak Kepyar Melsi Lakbe, Kasimir Sarifudin, Heru Christianto	89
Studi Literatur; Pengaruh Variasi Konsentrasi NaOH terhadap Produksi Asam Oksalat dengan Bahan Baku Kertas Koran Bekas Mariana Carvalho, Heru Christianto	102
Studi Komparasi Motivasi dan Hasil Belajar Siswa Kelas XI MIPA Pada Pembelajaran Daring dan Luring terhadap Materi Titrasi Asam Basa di SMA Negeri 6 Kota Kupang Miranda V. Lassa, Lolita A.M. Parera, Johnson N. Naat, Sudirman	108
Pengembangan Video Pembelajaran Menggunakan <i>Microsoft Office PowerPoint 2021</i> sebagai Media Pembelajaran Peserta Didik Kelas X MIA pada Materi Pokok Stoikiometri di SMA Monika Jaini M. Sobak, Sudirman, Arvinda C. Lalang	116
Pengembangan Media <i>Game Spinning Wheel</i> pada Materi Stokiometri di SMK Negeri 7 Kupang Prisca M. Tse, Lolita A.M. Parera, Arvinda C. Lalang	126
Identifikasi Metabolit Sekunder pada Sopi Pisang Kepok (<i>Musa paradisiaca L.</i>) yang Difermentasi dengan Ramuan Tradisional Desa Oni Junarie A.Y. Bayfeto, Yosep Lawa, Johnson N. Naat	136

 FAKULTAS KEGURUBAHAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
Siapa? Itu yang!

**PEMBELAJARAN KIMIA DI ERA REVOLUSI INDUSTRI 4.0
DENGAN PENDEKATAN *GREEN CHEMISTRY***

 **Prof. Dr. SUNYONO, M.Si.**
FKIP UNIVERSITAS LAMPUNG



**Disampaikan Pada Kegiatan Seminar Nasional
Pendidikan dan Sains Kimia ke-5 di Prodi Pendidikan Kimia
FKIP Universitas Nusa Cendana
24 September 2022**



 FAKULTAS KEGURUBAHAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
Siapa? Itu yang!

Prof. DR. SUNYONO, M.Si.



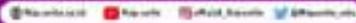
Lahir: Tegay Bungur, 30 Desember 1965.
Alamat: Padmosari No. 281. Kel: Haduyang. Kec: Natar – Lampung Selatan.

Pendidikan:
S1 Pendidikan Kimia FKIP Unila: Lulus 1989
S2 Kimia Fisik UGM: Lulus 1997
S3 Pendidikan Sains Univ Negeri Surabaya: Lulus 2014

Pengalaman Pekerjaan:

- Ketua PS: 1997 – 2002
- Tim Kerja PR III Unila: 2002 – 2006
- Konsultan Peningkatan Mutu Dinas Pend Propinsi: 2005 – 2008
- Ketua Pelaksanaan PLPG & PPG Rayon 107 Unila: 2009 – 2010 & 2014 – 2018
- Tim Konsorsium Sertifikasi Guru Kemdikbud: 2014 – 2017
- Tim Pengembang PPG Dalam Jabatan Kemdikbud: 2017 – 2019
- Wakil Dekan I FKIP Unila Periode 2018 – 2022.
- Asesor LAMDIK: 2022 – Skrg
- Duta Kampus Merdeka Tahun 2022

TEMUAN: Model Pembelajaran SiMaYang (sudah di HaKI-kan) → SiMaEks



**PENGALAN PUISI DARI NAJWA SHIHAB PADA
STASIUN TV SWASTA PADA TAHUN 2016**

*Tugas guru bukan menjejalkan pelajaran
Guru harus menghidupkan pengetahuan
Sekolah perlu terus membuka diri pada perubahan
Guru jangan segan beradaptasi dengan kebaruan
Agar belajar menjadi proses yang menyenangkan
Siswa niscaya akan haus pengetahuan
Tinggal tunggu waktu lahirnya generasi pencipta
Mereka yang akan mengharumkan Indonesia dengan karya
Hanya pendidikan yang bisa menyelamatkan masa depan
Tanpa pendidikan Indonesia tak mungkin bertahan*

FAKULTAS KEBUDAHASRIAN DAN LINGKUNGAN UNIVERSITAS LAHURA *Wijaya Widya*

Kampus Merdeka

Revolusi Industri dengan Edukasi

Edukasi 1.0
Guru sebagai pusat pengetahuan dan belajar di kelas

Edukasi 2.0
Tugas belajar dengan cara, belajar lebih baik dari di kelas, mandiri vs aktif

Edukasi 3.0
Keterampilan dan sikap profesional, nilai & kompetensi, belajar kolaboratif

Edukasi 4.0
Fleksibilitas dan kemampuan, belajar mandiri secara personal (Self Learning)

FAKULTAS KEBUDAHASRIAN DAN LINGKUNGAN UNIVERSITAS LAHURA *Wijaya Widya*

Kampus Merdeka

Edukasi 4.0

Baragam Waktu dan Tempat	Personalized Learning	Free Choice
Barbata Project	Pengalaman Lapangan	Interpretasi Data

Proses Merdeka Belajar Sesuai Zaman.

DIDIKLAH ANAK-ANAKMU SESUAI DENGAN ZAMANNYA, KARENA MEREKA HIDUP BUKAN DIJAMANNMU
(Ali Bin Abi Thalib)

FAKULTAS KEBUDAHASRIAN DAN LINGKUNGAN UNIVERSITAS LAHURA *Wijaya Widya*

Kampus Merdeka

BAGAIMANA DENGAN PEMBELAJARAN KIMIA ?

Saya Mengajar Kimia

Saya Mengajar Tuti ilmu Kimia

Saya Mengajarkan ilmu Kimia kepada Tuti

Saya Mengajar Tuti Memilih Bahan Kimia Untuk Membuat Sabun, . . . Saya Mengajar Tuti Berpikir Kritis dan Menyelesaikan Masalah-Masalah Dalam ilmu Kimia

Perlu Inovasi dalam Pembelajaran Termasuk Pemanfaatan Teknologi

FAKULTAS KIMIA UNIVERSITAS LAMPUNG
Support Chemistry

Kampus Merdeka

BAGAIMANA DENGAN PEMBELAJARAN KIMIA ?

1

Dengan Teknologi ?

2

Teoritis: Ceramah di kelas

3

Praktikum di Lab atau Demonstrasi di kelas ?

Green Chemistry:

1 YES

2 YES

3 ??

↔

Kemampuan Berpikir Kritis, Kreatif, dan Pemecahan Masalah

1 May be Yes, May be No

2 ??

3 YES

@fkip_ukl @fkip_ukl @fkip_ukl @fkip_ukl

FAKULTAS KIMIA UNIVERSITAS LAMPUNG
Support Chemistry

Kampus Merdeka

Pemanfaatan Teknologi

“Technology is just a tool. In terms of getting the kids working together and motivating them, the teacher is the most important,”
[Bill Gates]

Credit: Reuters

“The quality of an education system cannot exceed the quality of its teachers”

How the world's best performing systems come on top – PISA 2009 & Science 2006

@fkip_ukl @fkip_ukl @fkip_ukl @fkip_ukl

FAKULTAS KIMIA UNIVERSITAS LAMPUNG
Support Chemistry

Kampus Merdeka

MENGEFECTIFKAN PEMBELAJARAN DENGAN TEKNOLOGI

Guru / Dosen Perlu:

- 1 Memiliki Growth Mindset
- 2 Memahami Socio-Technical Knowledge Management
- 3 Menerapkan Flipped Classroom
- 4 Memanfaatkan Learning Management System (LMS)

Infokultur

Infostruktur

Infrastruktur

Synchronous

Asynchronous

Project Base Learning dan Case Method dapat Menjadi Pilihan

Chansmiadi (2021)

@fkip_ukl @fkip_ukl @fkip_ukl @fkip_ukl

MENGEFECTIFKAN PEMBELAJARAN DENGAN TEKNOLOGI

Guru / Dosen Perlu:

1. Memetakan Materi yang Akan Dibelajarkan dengan Menarik PPT lengkap Audio-Visual
LKPD/bahan ajar Interaktif
2. Memanfaatkan Kuis Real Time Kahoot
Quizizz
Mentimeter
3. Menerapkan *Project Base* atau *Case Method* Memanfaatkan Media/Bahan di Lingkungan Sekitar Siswa
4. Berikan Apresiasi kepada Siswa

Erman (2021) @Erman_21 | @Erman_21 | @Erman_21 | @Erman_21

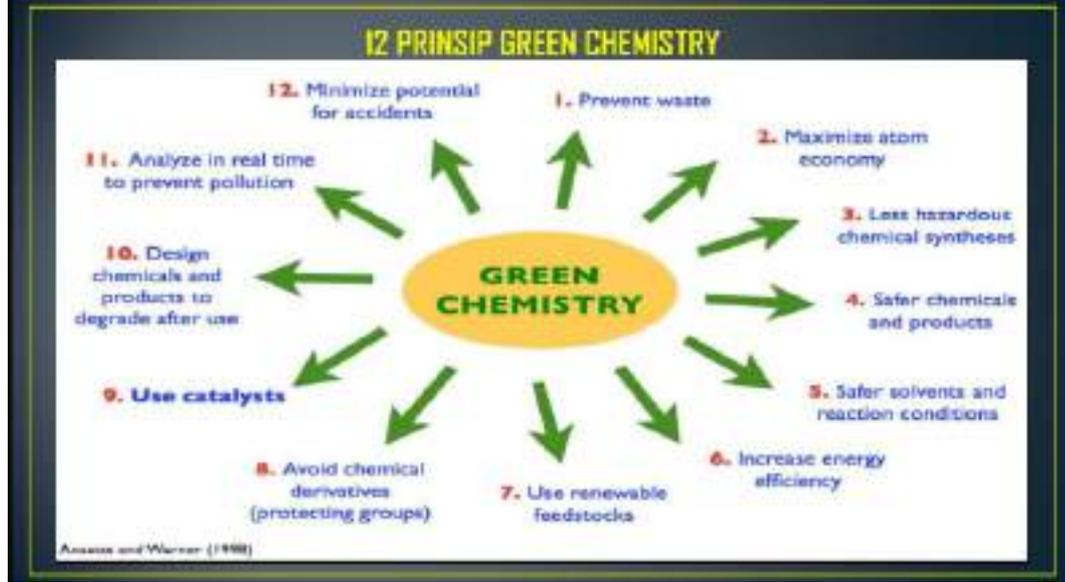
PEMBELAJARAN KIMIA : PRAKTIKUM

Green Chemistry Perlu Menjadi Perhatian

Green chemistry merupakan konsep yang dicetuskan oleh US EPA (*Environment Protection Agency*), yaitu sebagai kimia berkelanjutan, suatu bentuk kimia yang dirancang untuk mencegah polusi. Penerapan *green chemistry* dilakukan dengan menekan penggunaan bahan, proses, atau praktik yang mampu mengurangi pembentukan polutan dan bahan limbah.

Ramah Lingkungan

@Erman_21 | @Erman_21 | @Erman_21 | @Erman_21



FAKULTAS KEBIDAYAAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
Support Quality

Kampus Merdeka

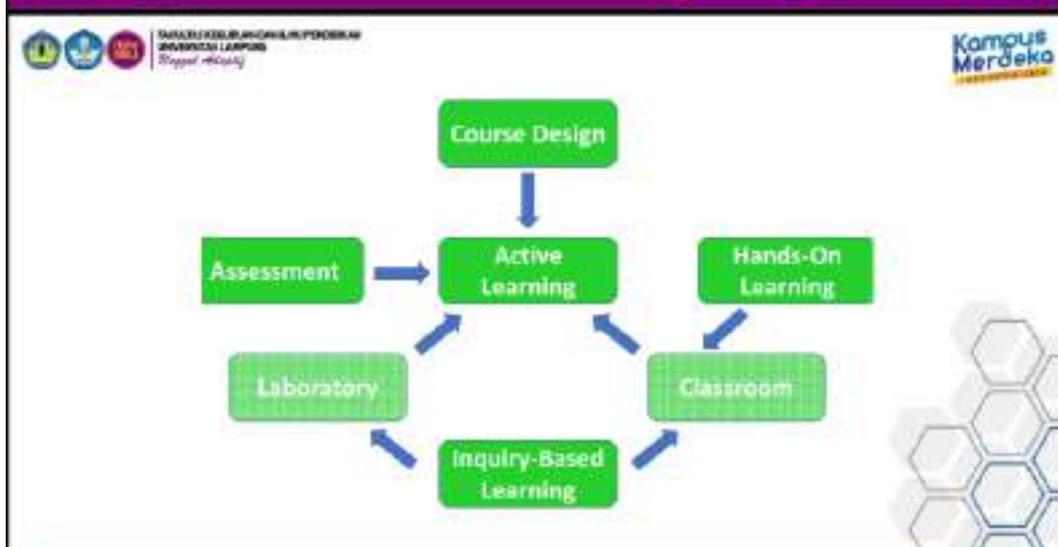
PEMBELAJARAN KIMIA BERBASIS GREEN CHEMISTRY

- Berbagai Penelitian: Penekanan pada penerapan pembelajaran *active learning*, terutama Inkuiri
- Siswa diberikan skenario atau masalah, yang menantang mereka untuk mengidentifikasi pertanyaan dan menentukan solusi terkait.
- Intervensi tersebut dalam pendidikan kimia hijau umumnya dilaporkan pada tahun 2015 dan 2017.
- Sejak tahun 2017 hingga tahun 2021 berbagai artikel lebih fokus pada penerapan inkuiri, problem base, project base, terutama dalam pengembangan praktikum di laboratorium.



Lien Herlina (2022)

[@herlina_2022](#)
[@herlina_2022](#)
[@herlina_2022](#)
[@herlina_2022](#)



[@herlina_2022](#)
[@herlina_2022](#)
[@herlina_2022](#)
[@herlina_2022](#)

FAKULTAS KEBIDAYAAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
Support Quality

Kampus Merdeka

PEMBELAJARAN AKTIF BERBASIS GREEN CHEMISTRY



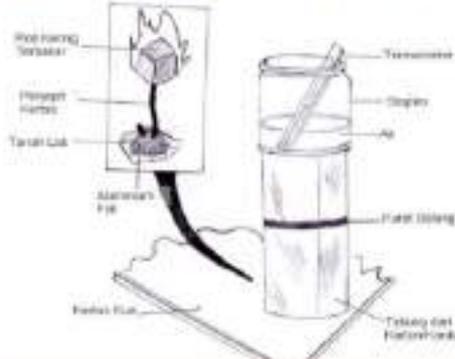
ACTIVE LEARNING

- Inkuiri Laboratorium** → Pemanfaatan Bahan Lingkungan, Penggunaan Bhn Kimia Hemat
- Inkuiri Kelas** → Berbasis Kasus, Video/Animasi
- Memperkaya praktik berbasis laboratorium melalui pembelajaran aktif di kelas** → Percobaan Lab → Diskusi Kelas, Video/Animasi → Diskusi
- Pembelajaran Online** → Memanfaatkan LMS, Modul Digital
- Pembelajaran dalam Penilaian** → Fokus: Skills

[@herlina_2022](#)
[@herlina_2022](#)
[@herlina_2022](#)
[@herlina_2022](#)

Contoh Percobaan Kimia: Pemanfaatan Bahan Lingkungan

Penentuan harga entalpi reaksi pembakaran bahan makanan



1. Karton atau Kardes berukuran 10 cm x 25 cm	8. Pengukur Volume
2. Aluminium Foil	9. Termometer
3. Karet gelang	10. Soplex ukuran 250 ml
4. Gasing	11. Klip Kertas
5. Kertas Api	12. Air
6. Kertas Roti	13. Botol Keringanan Karang
7. Tasak Liat	14. Sutra Nali yang kering serutannya
8. Gelas Ukur	-

Sumber: Suryono, dkk [2010]

Belajar Mulai dari Lingkungan Sekitar (Permainan Kimia Sederhana)

Salah Satu Contoh Green Chemistry:

Inspirasi dari Pengolahan Bawang dengan $KMnO_4$ sebelum di tanam.

Umbi yang dipilih dikupas dan dipotong dari atas sekitar satu sentimeter. Sebelumnya, juga harus disimpan dalam larutan kalium permanganat yang agak merah muda selama sekitar 6-8 jam.

$KMnO_4$ ini sebagai desinfektan yang tujuannya melindungi tanaman bawang dari berbagai penyakit.

Farmer, (2018). <https://burea-unsurance.com/en/why-is-it-necessary-to-process-onions-with-potassium-permanganate/>

Contoh Praktikum Mandiri Dengan Bahan Kimia Rumahan

Percobaan tentang reaksi redoks antara bawang merah + PK dengan konsentrasi yang berbeda (Farmer 2018; Tugas praktikum mandiri mata kuliah kinetika kimia semester genap 2020/2021)

Hasil	Perlakuan 1	Perlakuan 2	Perlakuan 3
Hasil Reaksi			
Waktu yang dibutuhkan	25 menit	25 menit	25 menit

Percobaan 1: PK 1 spatula dilarutkan ke dalam 300 ml air
 Percobaan 2: PK 1 spatula dilarutkan ke dalam 200 ml air
 Percobaan 3: PK 1 spatula dilarutkan ke dalam 100 ml air

Membangkitkan daya imajinasi

Sumber: Dari beberapa Youtube & Weblog Farmer

Permainan Kimia Menarik



Ular Keluar dari Botol : PK + H₂O₂ dan sabun cair (Mengajarkan Reaksi Redoks)

Reaksi: $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow ??$





Gerak Molekul: Susu, Tinta Warna & Korek Kuning (2013)

Sumber: Sunyono, (2013)

PERMAINAN LAMPU LAVA

Mempelajari: Kelerutan polar dan non-polar suatu zat serta kerapatan (densitas) larutan.

• Lampu lava bergerak naik – turun dan berhenti di tengah-tengah.

• Lampu lava berputar-putar dalam botol



Bahan: Pewarna larut dalam minyak (larutan **Sudan III** lebih baik); Minyak sayur, Alkohol, Air.



Bahan: Air-kesejahteraan atau **Baking soda**; Minyak sayur, Pewarna makanan, dan Air.

Sumber: Wajrak, M. (2008)

Permainan Botol - Biru

- **Percobaan The Blue – Bottle:** Reaksi kimia dalam botol berisi larutan tak berwarna, terdiri dari metilen blue, glukosa, dan larutan NaOH.
- Reaksi ini adalah contoh dari reaksi redoks. Suatu larutan yang berwarna dalam termos yang diguncang-guncang, akan menghasilkan warna biru dan kemudian secara bertahap kembali ke warna semula, demikian seterusnya atau besiklus. Siklus ini dapat diulang berkali-kali.
- Kita akan melihat hasilnya sangat menarik dan tentunya siswa yang melihat percobaan ini, pasti akan mengatakan “wow... keren...!”

Alat: Gunakan saja botol sirup (kaca bening) yang ada di rumah, Timbangan kue, penutup karet, Gelas ukuran.

Bahan: Metilen Blue, Glukosa, NaOH, & Etanol (0,1%).

Catatan: Metilen Blue dan Glukosa dapat dibeli secara online (harganya murah) NaOH atau soda api (toko besi/toko bangunan) Etanol dapat dibeli di apotik-apotik terdekat.

Sumber: Lister, T. (1995) & Sunyono (2013)


 FAKULTAS KIMIA DAN ILMU PENDIDIKAN
 UNIVERSITAS LAMPUNG
 Lampung, Indonesia



Reaksi ini adalah contoh dari reaksi redoks. Glukosa dalam larutan basa akan teroksidasi oleh oksigen yang berasal dari udara dalam botol dan secara perlahan membentuk asam glukonat. Metilen biru berfungsi sebagai oksidator untuk glukosa. Metilen biru akan tereduksi menjadi leukometilen biru dan menghasilkan larutan tidak berwarna. Setelah kita menggoyangkan botol kembali dengan tersedianya oksigen dari udara dalam larutan maka leukometilen biru akan teroksidasi kembali dan menghasilkan larutan biru. Kembali didiamkan akan bening kembali dan seterusnya (hingga dapat mencapai 20 siklus). Nah, diskusikanlah bagaimana reaksi kimia yang terjadi?



3
2
1

Sumber: Lister, I (1995). Basic Chemistry Demonstrations. Published: The Education Division, The Royal Society of Chemistry




 FAKULTAS KIMIA DAN ILMU PENDIDIKAN
 UNIVERSITAS LAMPUNG
 Lampung, Indonesia



Membelajarkan Kimia Dengan Bahan Sehari-hari

- **Eksperimen tentang Pembuatan Ester:**
 Bahan: Alkohol, Cuka, dan air.
 Percobaan dilakukan dengan cara memanaskan campuran alkohol dan cuka selama beberapa menit, terbentuknya ester ditandai dengan terciumnya bau harum yang khas, atau dengan terbentuknya dua lapisan bila dicampurkan dengan air.
- **Membuktikan adanya Enzim pada Deterjen**
 Bahan: Deterjen dari berbagai Merek (3 -4 merek), air, dan telur rebus (3 - 4 buah).
 Percobaan ini mengajak kita untuk mengenal tips cara mengetahui kandungan enzim pembersih pada beberapa deterjen.




 FAKULTAS KIMIA DAN ILMU PENDIDIKAN
 UNIVERSITAS LAMPUNG
 Lampung, Indonesia

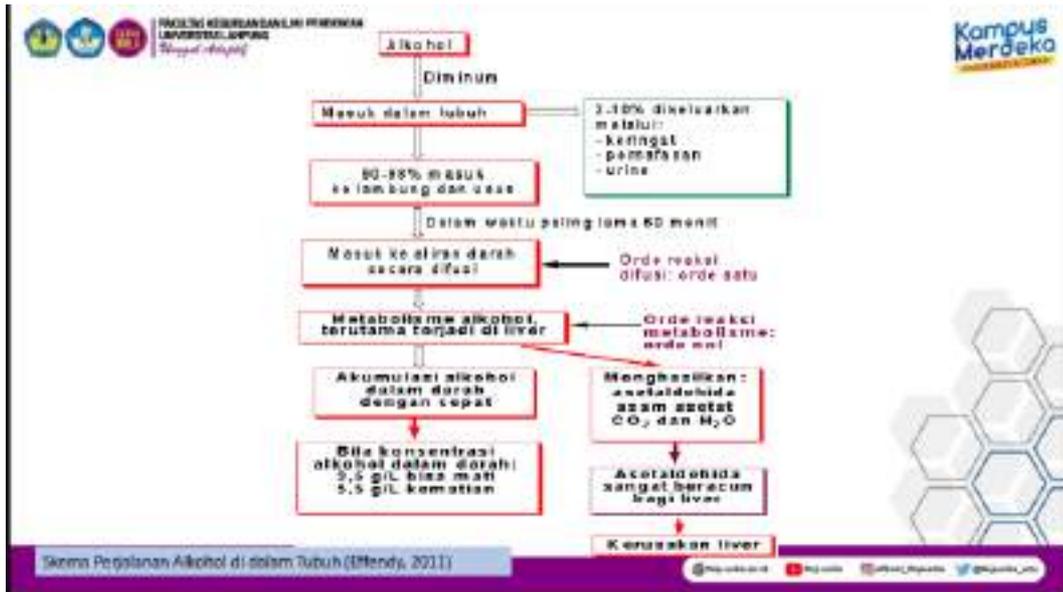


Pembelajaran Kimia Berbasis Karakter dalam Pembelajaran "Kecepatan Reaksi" (Hanya Contoh)

Mengapa minuman alkohol (miras) itu dilarang?

- Jika alkohol diminum dan masuk ke dalam tubuh kita, maka 90 - 98% akan masuk ke dalam lambung dan usus, hanya 2 - 10% saja yg dikeluarkan melalui keringat dan air seni.
- Di dalam lambung dan usus ini, perjalanan alkohol selanjutnya akan masuk ke dalam aliran darah melalui difusi hanya dalam waktu 60 menit (ordenya setara dengan reaksi orde satu).
- Bagaimana hubungan kecepatan reaksi dengan konsentrasi pada reaksi orde satu.
- Melalui aliran darah, selanjutnya alkohol masuk ke dalam liver dan melakukan metabolisme (reaksi orde nol). Nah, kita beruntung punya liver yang bisa sedikit menghambat laju reaksi.
- Metabolisme alkohol di dalam hati (liver) itu akan terus berlangsung selama alkohol itu ada dan hasilnya CO_2 , H_2O , asam asetat, dan **asetaldehid**. Disinilah salah satu letak berbahayanya jika kita meminum minimal beralkohol.





IMAJINASI & EKSPLORASI

ETNOKIMIA BUDAYA PERTUKANGAN

Setiap akan mendirikan bangunan rumah, pada umumnya diawali dengan upacara adat yang disebut Sedekah bumi dan tabur bunga pada kayu (Ngajalang rek ngalimawan kayu). Ngajalang adalah berdoa memohon keselamatan, baik dalam pelaksanaan upacara maupun keselamatan bagi calon penunggu atau pemilik rumah tersebut. Sedangkan Ngalimawan kayu atau tabur bunga pada kayu adalah menaburi kayu bangunan rumah dengan air kembang dan air jeruk agar seluruh kayu dapat dipasang dengan selamat, disamping agar pemilik rumah dapat aman dan tenteram.

Terutama air Jeruk nipis bersifat asam dan mengandung *d-limonene* yang dapat mengsir rayap

Materi tentang Larutan Asam dan Basa

IMAJINASI & EKSPLORASI

ETNOKIMIA BUDAYA NYERUIT

Seruit adalah makanan khas Provinsi Lampung yang berbahan dasar ikan goreng atau bakar yang kemudian dicampur sambel terasi, tempoyak (olahan durian) atau mangga.

Kandungan Durian (melawan kolesterol jahat): karbohidrat, lemak, protein, juga zat-zat lain seperti serat, kalium, asam folat, magnesium, zinc dan besi. Juga Vitamin C, Vitamin B1, Vit.B2, Vit B6, dan Vit B9.

Terasi: protein, serat, kalsium, fosfor, besi, kalium, tembaga, seng, titanium (B1), niasin.

Materi kimia/IPA: Larutan Asam - Basa, zat Aditif, Protein dan Lemak, Bioteknologi dan sebagainya.

Manfaat: Sistem Peredaran Darah, Sistem Imunogen (Kulit, Rambut, Kuku, dll), Sistem Reproduksi, Sistem Saraf dan Otak, Sistem Pernapasan, Sistem Kekebalan Tubuh, dan beberapa manfaat lain bagi tubuh.

Terasi juga memiliki kandungan 2,90 gram lemak dan 1.664 mg natrium.

Sumber: dr. Sudarso (dalam Wayan Syehus, 2012) & Adra Fanni (2019)





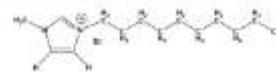
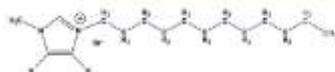
Isi Presentasi

- Definisi dan sifat cairan ion
- Sejarah perkembangan cairan ion
- Pengelompokan cairan ion
- Aplikasi cairan ion:
 - sebagai pelarut/medium dalam reaksi organik, sintesis anorganik, reaksi dikatalisis kompleks logam, sintesis polimer, dan material nano.
 - sebagai pelarut/medium dan penghantar obat di bidang farmasi.
 - dalam bidang elektrokimia dan energi.
 - sebagai pelarut/medium dalam biotransformasi dan transformasi biomassa.

SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN DAN SAINS KIMIA V
2022_DW_ITB

2

Definisi dan Sifat Cairan Ion



- Sinonim cairan ion (*ionic liquids*): "molten salts", "room temperature molten salt", "low-temperature molten salt", "ambient-temperature molten salt", "liquid organic salts" (Wasserscheid dan Welton, 2002); "ionic fluid", "fused salt", "neoteric solvent" (El Seoud, dkk., 2007)
- Definisi: elektrolit cair yang seluruhnya terdiri dari ion atau senyawa cair yang menampilkan struktur kristal ionik-kovalen yang memiliki wujud cair di bawah 100 °C dan viskositas relatif rendah (Dupont, de Souza dan Suarez, 2002)
- Cairan ion berbeda dengan "molten salts" yang memerlukan media leleh tinggi, sangat kental, dan sangat korosif (Dupont, de Souza dan Suarez, 2002; Shiddiky dan Torriero, 2011) serta jaringan kooperatif ikatan hidrogen antara kation dan anion yang menginduksi arah struktural ("efek entropik") (Dupont, 2011)

Titik leleh < 100 °C, room temperature ionic liquids (RTIL) (Tsubang dkk., 2011)

Kation organik yang ruah dan anion organik/anorganik. (Plechkova dan Seddon, 2008)

Sifat-sifat

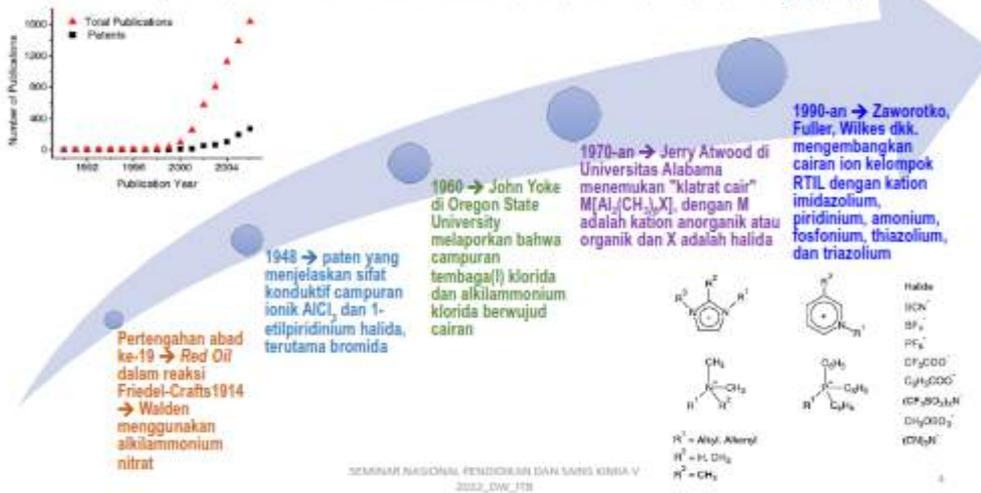
1. Tidak mudah menguap.
2. Kestabilan termal baik.
3. Tidak mudah terbakar.
4. Konduktivitas ion tinggi.
5. Interval potensial elektrokimia lebar. (Wasserscheid dan Welton, 2002)

SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN DAN SAINS KIMIA V
2022_DW_ITB

3

Sejarah Perkembangan Cairan Ion

(Wilkes, J.S. dalam Wasserscheid dan Welton, 2002; El Seoud, dkk., 2007; Handy (b), 2011)



Pengelompokan Cairan Ion

(Hajipur dan Rafiee, 2015; Handy (a), 2011; MacFarlane, dkk., 2006)

- ✓ Cairan ion netral → anionnya hanya memiliki interaksi elektrostatis lemah dengan kationnya (heksafluorofosfat, bis(trifluorometanosulfoni)amida, tiosianat, tris(isometida, p-toluene-sulfonata (tosylate)) → titik leleh rendah, viskositas rendah → kestabilan termal dan elektrokimia → pelarut inert untuk berbagai aplikasi
- ✓ Cairan ion asam Brønsted/Lewis → kationnya atau anionnya bersifat asam Brønsted/Lewis → meningkatkan keasaman dan berfungsi sebagai katalis asam "hijau" (green catalyst):
 - ✓ Kation asam: Me3N+CH2COOH, Me3N+CH2SO3H, Me3N+CH2COOH, Me3N+CH2SO3H
 - ✓ Anion asam: HSO_4^- , $H_2PO_4^-$, $M_2Cl_7^-$ (M = Al, Fe), $M_2Cl_7^-$ (M = Zn), $HClAl_2Cl_7^-$

SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN DAN SAINS KIMIA V 2022_DW_178

Pengelompokan Cairan Ion

(Hajipur dan Rafiee, 2015; Handy (a), 2011; MacFarlane, dkk., 2006)

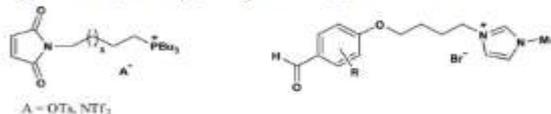
- ✓ Cairan ion basa → kationnya atau anionnya bersifat basa Brønsted/Lewis → fleksibel, non-volatile, non-korosif, dan bercampur baik dengan banyak pelarut organik → berfungsi sebagai katalis basa "hijau" (green catalyst):
 - ✓ Kation basa: Me3N+CH2OH, Me3N+CH2NH2, Me3N+CH2NH2, Me3N+CH2OH
 - ✓ Anion basa: Cl^- , CH_3COO^- , $N \equiv C - \overset{-}{N} - C \equiv N$, OC(=O)C(=O)O
- ✓ Cairan ion dengan anion amfoter → anion hidrogen sulfat/busulfat (HSO_4^-), dihidrogen fosfat ($H_2PO_4^-$).

SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN DAN SAINS KIMIA V 2022_DW_178

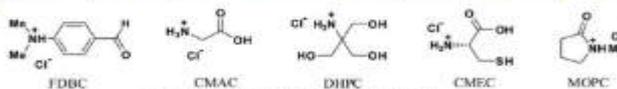
Pengelompokan Cairan Ion

(Hajipur dan Rafiee, 2015)

- ✓ Cairan ion dengan peran-spesifik (*Task-specific ionic liquid (TSIL)*) → garam organik yang memiliki gugus fungsi yang terikat secara kovalen pada kation dan/atau anion, dan berperilaku tidak hanya sebagai media reaksi, tetapi melayani fungsi sekunder, misalnya, sebagai reaktan, atau katalis.



- ✓ Cairan ion protik (*Protic eutectic ionic liquid (PEIL)*) → mengandung campuran eutektik protik dari garam hidroklorida dan agen pengompleks donor ikatan hidrogen seperti urea atau asam oksalat, dihasilkan dengan metode protonasi dan kompleksasi → stabil dan memiliki konduktivitas tinggi untuk aplikasi elektrokimia. PEIL dibuat dari reaksi antara urea atau asam oksalat dengan *4-formil-N,N-dimethylbenzenaminium chloride (FDBC)*, *carboxymethanaminium chloride (CMAC)*, *1,3-dihydroxy-2-(hydroxymethyl)propan-2-aminium chloride (DHPC)*, *(R)-1-carboxy-2-mercaptoethanaminium chloride (CMEC)* dan *1-methyl-2-oxopyrrolidinium chloride (MOPC)*.

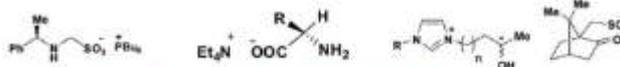


SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN DAN SAINS KIMIA V
2022_DW_1TB

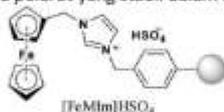
Pengelompokan Cairan Ion

(Hajipur dan Rafiee, 2015)

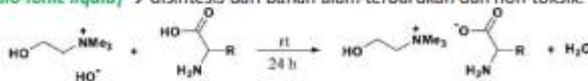
- ✓ Cairan ion kiral (*chiral ionic liquid (CIL)*) → kiralitas bisa diperoleh dari kationnya, anionnya atau keduanya.



- ✓ Cairan ion berpendukung (*supported ionic liquid phase (SILP)*) → imobilisasi kovalen cairan ion pada penyangga padat → sebagai katalis atau pelarut yang stabil dalam reaksi kimia.



- ✓ Cairan ion-bio (*Bio-ionic liquid*) → disintesis dari bahan alam terbarukan dan non-toksik.



R = -H (glycine), -CH₃ (alanine), -CH₂Ph (phenylalanine),

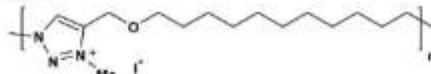
-CH(OH)CH₃ (threonine), (histidine)

SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN DAN SAINS KIMIA V
2022_DW_1TB

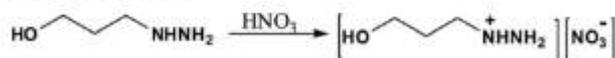
Pengelompokan Cairan Ion

(Hajipur dan Rafiee, 2015; Tseng, Tseng, dan Chu, 2009)

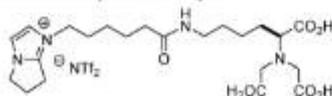
- ✓ Poli-cairan ion (*poly-ionic liquid (PIL)*) → poli-elektrolit khusus dengan pusat kationik atau anionik termasuk dalam unit berulang rantai polimer.



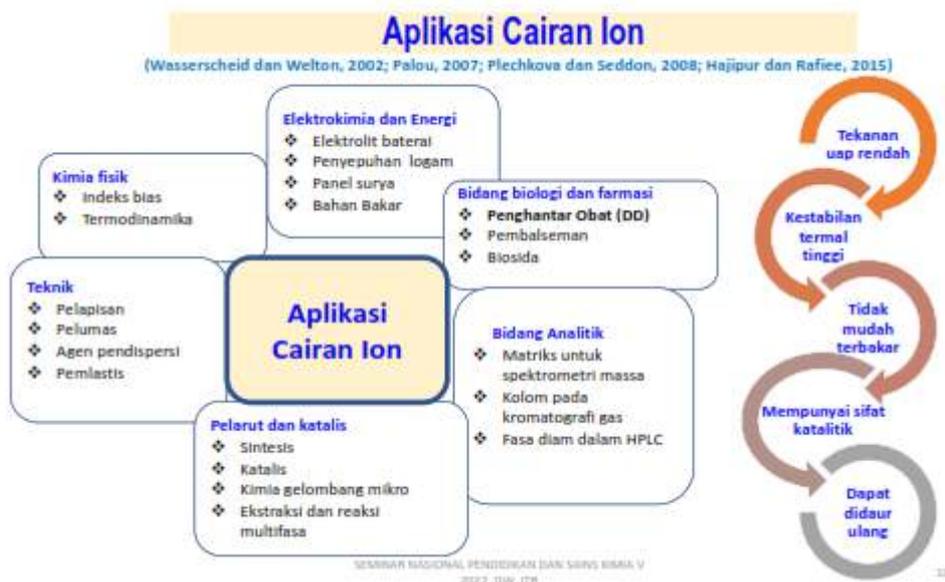
- ✓ Cairan ion energetik (*energetic ionic liquid phase (EILP)*) → kestabilan termal lebih tinggi, kerapatan lebih tinggi, tekanan uap dapat diabaikan, sedikit atau tidak ada uap toksik → lebih baik daripada TNT, HMX dan RDX sebagai bahan peledak atau bahan bakar.



- ✓ Cairan ion afinitas (*affinity ionic liquid (AIL)*) → bagian dari TSIL yang disintesis agar dapat berinteraksi dengan biomolekul → pengenalan biomolekul dan pemurniannya.



SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN DAN SAINS KIMIA V
2022_DW_1TB



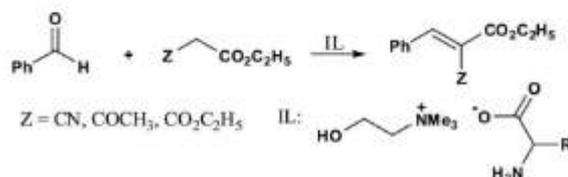
Aplikasi Cairan Ion sebagai Pelarut/Medium dalam Reaksi Organik

(Earle dkk. dalam Wasserscheid dan Welton, 2002; Palou, 2007; Hajipur dan Rafiee, 2015)

a. Reaksi Adisi Michael



b. Reaksi Kondensasi Knoevenagel



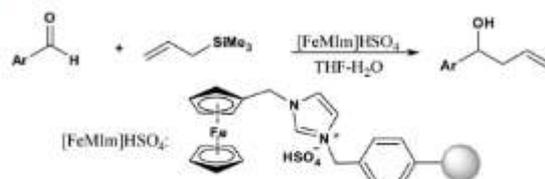
SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN DAN SAINS KIMIA V
2022_DW_178

11

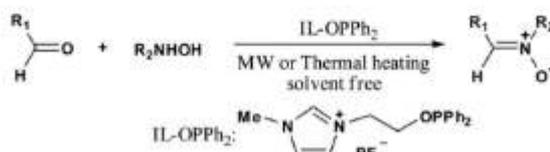
Aplikasi Cairan Ion sebagai Pelarut/Medium dalam Reaksi Organik

(Earle dkk. dalam Wasserscheid dan Welton, 2002; Palou, 2007; Hajipur dan Rafiee, 2015)

c. Sintesis Homoalilik Alkohol



d. Sintesis Nitron



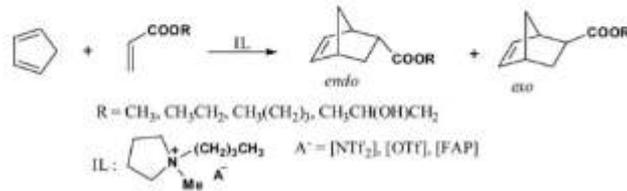
SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN DAN SAINS KIMIA V
2022_DW_178

12

Aplikasi Cairan Ion sebagai Pelarut/Medium dalam Reaksi Organik

(Earle dkk. dalam Wasserscheid dan Welton, 2002; Palou, 2007; Hajipur dan Rafiee, 2015)

e. Reaksi Diels-Alder



f. Sintesis Senyawa Heterosiklik



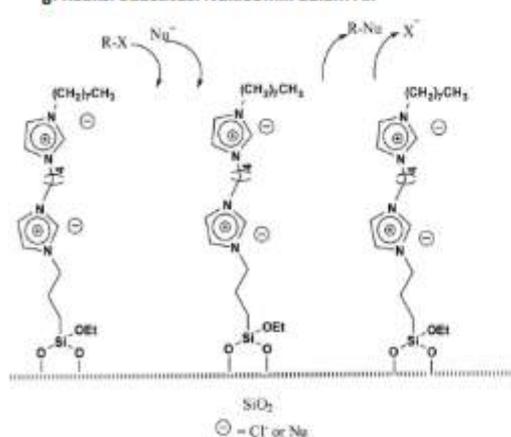
SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN DAN SAINS KIMIA V
2022_DW_178

13

Aplikasi Cairan Ion sebagai Pelarut/Medium dalam Reaksi Organik

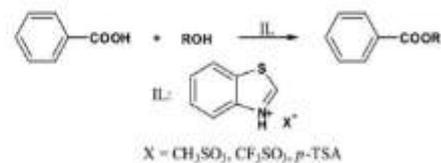
(Earle dkk. dalam Wasserscheid dan Welton, 2002; Palou, 2007; Hajipur dan Rafiee, 2015)

g. Reaksi Substitusi Nukleofilik dalam Air

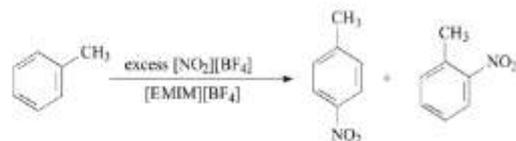


SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN DAN SAINS KIMIA V
2022_DW_178

h. Reaksi Esterifikasi



i. Reaksi Substitusi Elektrofilik Aromatik



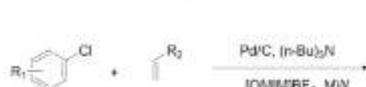
SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN DAN SAINS KIMIA V
2022_DW_178

14

Aplikasi Cairan Ion sebagai Pelarut/Medium dalam Reaksi Organik

(Earle dkk. dalam Wasserscheid dan Welton, 2002; Palou, 2007; Hajipur dan Rafiee, 2015)

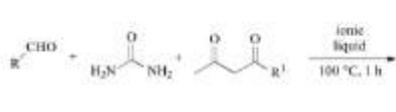
j. Reaksi Kupling Heck



l. Reaksi Kondensasi Benzoin



k. Reaksi Biginelli



m. Reaksi Penataan Ulang Beckmann



SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN DAN SAINS KIMIA V
2022_DW_178

15

Synthesis of Imidazolium Based Ionic Liquids and Its Application as Medium in Cyclization Reaction of Diketone

Anita Aini, Angelina Y.D. Cahya, dan Deana Wahyuningrum (2019) *Key Engineering Materials*, 811, pp86-91
doi:10.4028/www.scientific.net/KEM.811.86

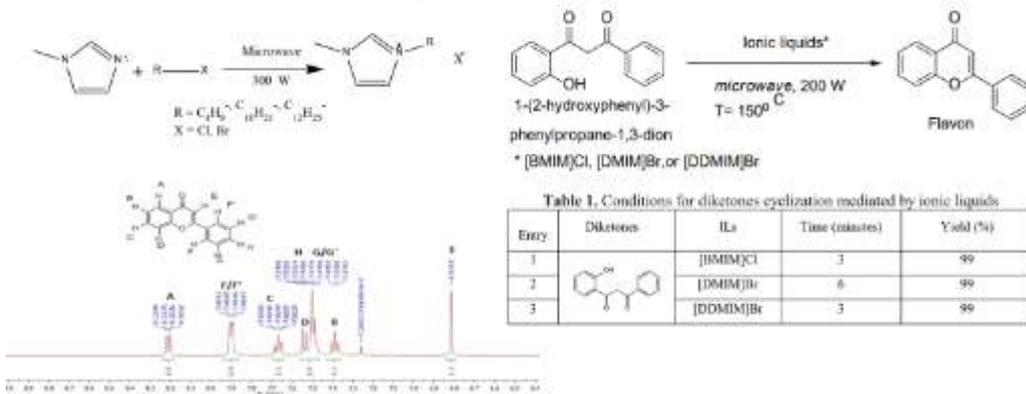


Figure 6. ¹H NMR spectrum of the cyclization product

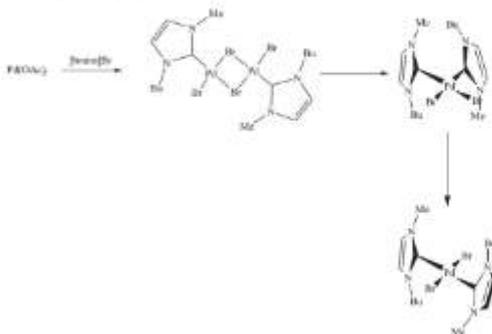
SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN DAN SAINS KIMIA V
2022_DW_178

16

Aplikasi Cairan Ion sebagai Pelarut/Medium dalam Sintesis Anorganik

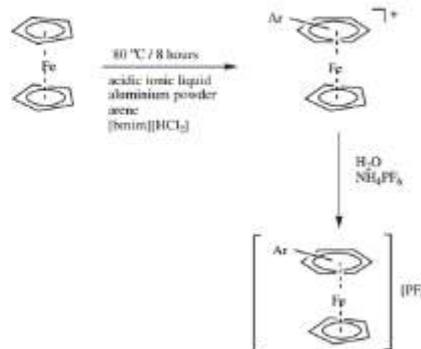
(Welton dalam Wasserscheid dan Welton, 2002)

a. Senyawa Organologam



bis[1-butyl-3-metylimidazoliliden]paladium(II) dibromida

b. Sintesis Ferrocene



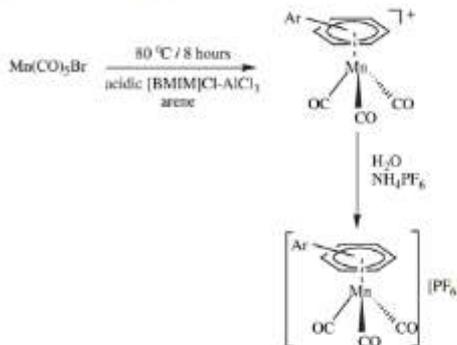
SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN DAN SAINS KIMIA V
2022_DW_178

17

Aplikasi Cairan Ion sebagai Pelarut/Medium dalam Sintesis Anorganik

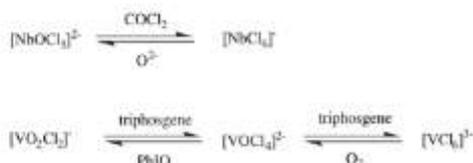
(Welton dalam Wasserscheid dan Welton, 2002)

c. Senyawa Kompleks



Senyawa kompleks [Mn(CO)₅(η⁶-arene)]⁺ "piano stool"

d. Reaksi Pertukaran-Okso pada Nb(IV) dan Vanadium



e. Sintesis Aerogel SiO₂



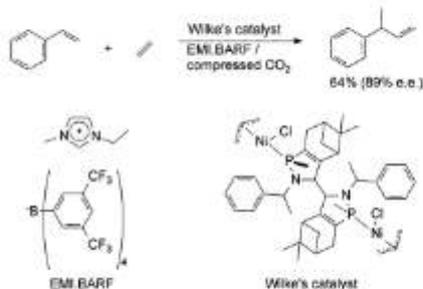
SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN DAN SAINS KIMIA V
2022_DW_178

18

Aplikasi Cairan Ion dalam Reaksi Dikatalisis Kompleks Logam

(Dupont, de Souza dan Suarez, 2002)

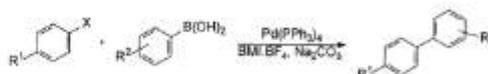
a. Reaksi hidrovililasi stirena dengan katalis Wilke



b. Reaksi epoksidasi asimetrik dengan katalis kiral Jacobsen (kompleks Mn(III)-Salen)



c. Reaksi kupling Suzuki dengan katalis kompleks paladium



SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN DAN SAINS KIMIA V
2022_OW_178

19

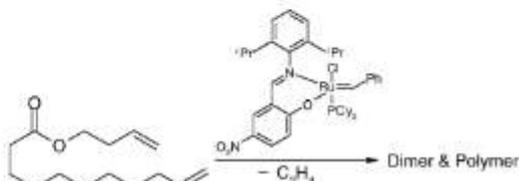
Aplikasi Cairan Ion dalam Sintesis Polimer

(Carmichael dan Haddleton dalam Wasserscheid dan Welton, 2002)

a. Reaksi polimerisasi radikal metil metakrilat (MMA) dalam [BMIM][PF6] → diinisiasi oleh 2,2'-azobisisobutyronitril (AIBN) pada 60 °C menghasilkan poli(metil metakrilat) (PMMA) dengan massa molekul tinggi.

Reaction media	[AIBN] (w/w %)	Conversion (%)	M_n ($g\ mol^{-1}$)	PDI
[BMIM][PF ₆]	1	25	669,000	1,75
[BMIM][PF ₆]	2	27	600,000	1,88
[BMIM][PF ₆]	4	36	416,000	2,22
[BMIM][PF ₆]	8	56	240,000	2,59
Toluene	1	3	58,300	1,98

b. Reaksi penutupan cincin intramolekul metatesis (ring-closing olefin metathesis (RCM)) → acyclic diene metathesis (ADMET) polymerization, menghasilkan oligomer dan polimer.

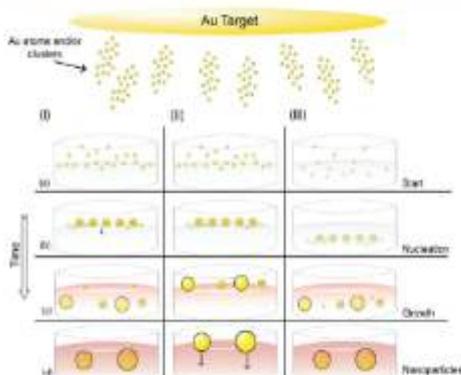


SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN DAN SAINS KIMIA V
2022_OW_178

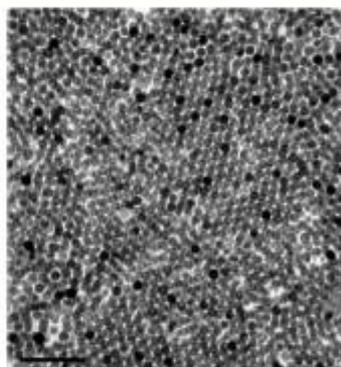
20

Aplikasi Cairan Ion dalam Sintesis Material Nano

(Dupont, J. [2011] From Molten Salts to Ionic Liquids: A "Nano" Journey, Accounts of Chemical Research, 44(11), 1223–1231)



Mekanisme pertumbuhan inti nanopartikel emas dalam cairan ion (Copyright 2010 American Chemical Society)



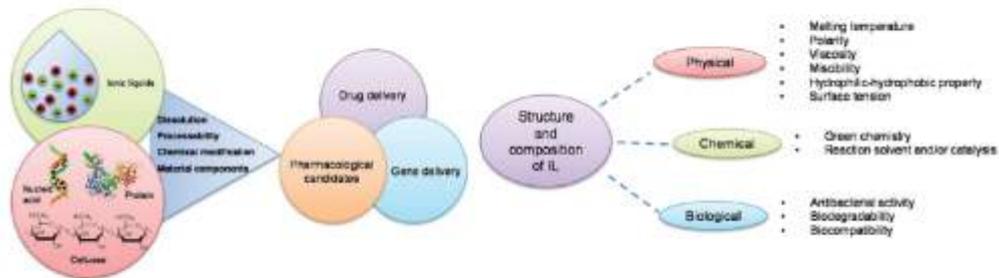
Citra TEM 3D AuNP superlattices dari sampel pembentukan dalam cairan ion (BCN)MI.NT

SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN DAN SAINS KIMIA V
2022_OW_178

21

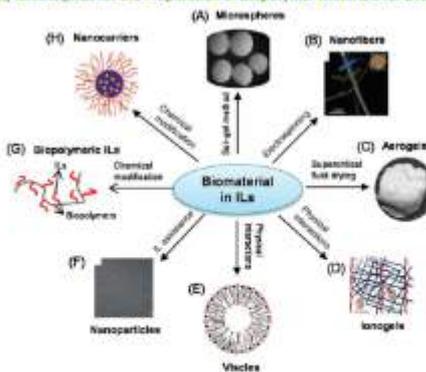
Aplikasi Cairan Ion dalam Sintesis Obat dan Biopolimer untuk Penghantar Obat

Chen, J., Xie, F., Li, X., Chen, L. (2018) Ionic Liquids for the Preparation of Biopolymer Materials for Drug/Gene Delivery: a Review *Green Chem.* 20, 4169



Aplikasi Cairan Ion dalam Sintesis Obat dan Biopolimer untuk Penghantar Obat

Chen, J., Xie, F., Li, X., Chen, L. (2018) Ionic Liquids for the Preparation of Biopolymer Materials for Drug/Gene Delivery: a Review *Green Chem.* 20, 4189



(A) Chitin microparticle matrices. Reproduced from ref. 183 with the permission of the Royal Society of Chemistry; (B) Cellulose-Fe₃O₄ core-shell nanofibre with internal Fe₃O₄ nanoparticles core and cellulose shell with covalently immobilized heparin. Adapted with permission from ref. 146. Copyright (2016) American Chemical Society; (C) Chitin aerogels produced by [BMIM][Ac]. Reproduced from ref. 183 with the permission of the Royal Society of Chemistry; (D) DNA-gelatin ionogels. Adapted with permission from ref. 88. Copyright (2012) American Chemical Society; (E) Unilamellar vesicles of 1-hexadecyl-3-methylimidazolium chloride ([C16MIM][Cl]) and cholesterol. Adapted with permission from ref. 139. Copyright (2014) American Chemical Society; (F) Octenyl succinyl anhydride starch nanoparticles. Reproduced from ref. 157 with the permission of the Royal Society of Chemistry; (G) Biopolymer-IL conjugates. (H) Self-assembled poly(N-isopropylacrylamide) (PNIPAM)-chitosan-L-lysine nanocarriers. Adapted with permission from ref. 153. Copyright (2011) American Chemical Society.

POLYMERIC IONIC LIQUIDS SEBAGAI PENGHANTAR OBAT

Masalah Pelarutan Obat → Cairan Ion (Ionic Liquids) → Pengembangan Polymeric Ionic Liquids
(Caparica, dkk., 2018; Mooniruzaman dan Goto, 2011)

Advantages				
High thermal stability Low volatility	Stable to air and water	Low toxicity High biodegradability	<chem>[NH4][D242]Cl</chem>	<chem>[NH4][D242]Cl</chem>
1st Generation	2nd Generation	3rd Generation	[Bisphthalate][Dipropionate]⁺	[Bisphthalate][Dipropionate]⁺
<chem>[NH4][D242]Cl</chem>	<chem>[NH4][D242]Cl</chem>	<chem>[NH4][D242]Cl</chem>	Function: histamine H ₂ -receptor antagonist, coadjuvant Form: dark red liquid T _m : liquid at RT T _f : -12 °C	Function: antibacterial, anti-inflammatory Form: yellow gel T _m : -41 °C T _f : -17 °C
Sensitive to air and water	High toxicity Reduced biodegradability	Biologically active ILs are less appropriate as solvents	<chem>[NH4][D242]Cl</chem>	<chem>[NH4][D242]Cl</chem>
Disadvantages			<chem>[NH4][D242]Cl</chem>	<chem>[NH4][D242]Cl</chem>
			Function: antibacterial, anti-inflammatory Form: yellow liquid T _m : liquid at RT T _f : -73 °C	

Aplikasi Cairan Ion dalam Elektrokimia dan Energi

Shiddiky, M.J.A. dan Torriero, A.A.J. (2011) Review: Application of ionic liquids in electrochemical sensing systems, *Biosensors and Bioelectronics* 26 1775–1787

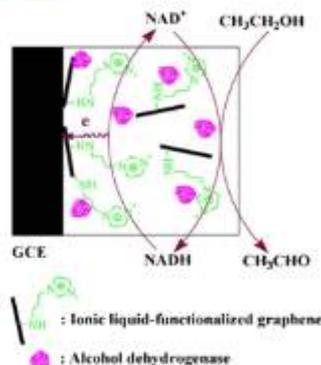
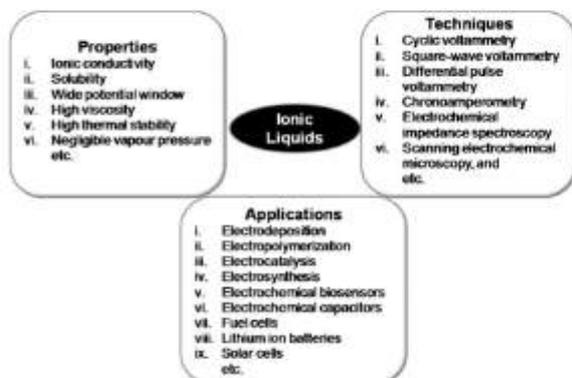
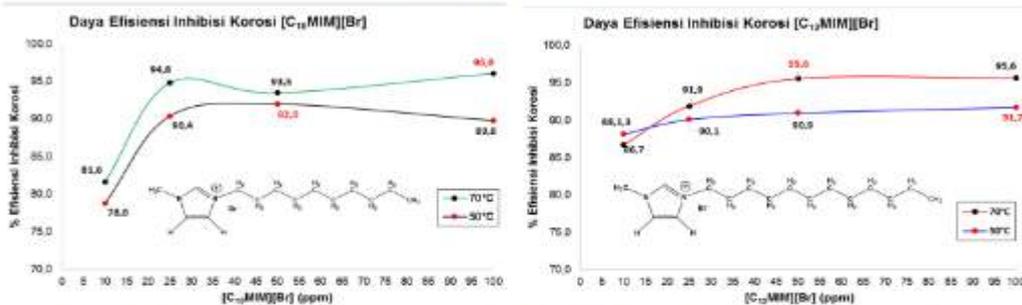


Fig. 4. Schematic representation for the bioelectrocatalytic sensing of ethanol using IL-graphene/ChI(AbH) modified electrodes.

The Microwave Assisted Synthesis of 1-alkyl-3-methylimidazolium Bromide as Potential Corrosion Inhibitor Toward Carbon Steel in 1 M HCl Solution Saturated with Carbon Dioxide

Norman Vincent Ampang Pasasa, Deana Wahyuningrum, Bunbun Bundjali (2015) *AIP Conference Proceedings*, 1677, 070016, doi: 10.1063/1.4930720



- ✓ [C₁₀MIM][Br] mempunyai inhibisi korosi maksimum 96,0% (100 ppm, 70°C) & 92,0% (25 ppm, 50°C)
- ✓ [C₁₂MIM][Br] mempunyai inhibisi korosi maksimum 95,6% (50 ppm, 70°C) & 91,7% (100 ppm, 50°C)

Corrosion Inhibition Performances of Imidazole Derivatives-Based New Ionic Liquids on Carbon Steel in Brackish Water

Megawati Zunita, Deana Wahyuningrum, Buchari, Bunbun Bundjali, I. Gede Wenten, Ramaraj Boopathy, *Applied Sciences*, 2020, 10, 7069; doi:10.3390/app10207069

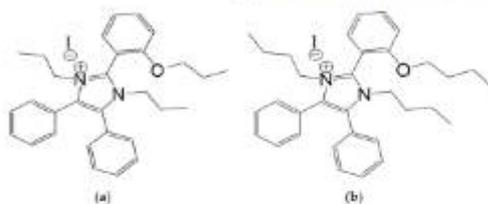


Figure 1. Chemical structures of new ionic liquids (ILs): (a) IL1; (b) IL2.

Table 2. Percent inhibition efficiency (IE%) of the carbon steels directly coated with IL.

Temperature (°C)	IE%	
	20 ppm of IL1	38 ppm of IL2
25	99.3 ± 0.5	99.3 ± 1.0
35	32.5 ± 0.4	61.9 ± 0.6
45	24.0 ± 0.3	50.6 ± 1.0
55	12.5 ± 0.5	33.8 ± 1.0

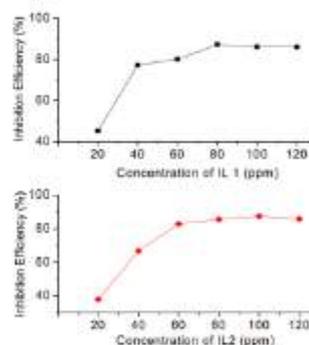


Figure 3. Inhibition efficiency of ILs at various concentrations at a temperature of 25 °C.

The Influences of [EMIm]Ac Ionic Liquid for the Characteristics of Li-Ion Batteries' Solid Biopolymer Blend Electrolyte Based on Cellulose Derivatives of MC/CMC Blend
 Sun Theo Constan Lotebulo Ndruru, Sonny Widiarto, Edi Pramono, Deana Wahyuningrum, Bunbun Bundjali, and I Made Arcana, *Macromol. Chem. Phys.* 2022, 2100362

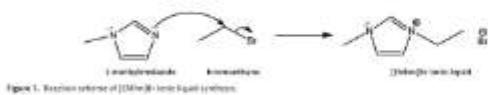


Figure 1. Reaction scheme of [EMIm]Ac ionic liquid synthesis.



Figure 3. Reaction scheme of [EMIm]Ac ionic liquid synthesis.



Figure 2. a) 100 mg/ml some liquid of pure cellulose and b) 100 mg/ml some liquid.



Figure 4. The film of solid biopolymer blend electrolyte representative (a) before and (b) after [EMIm]Ac ionic liquid incorporation.

Table 1. Ionic conductivities of 10% LiClO₄ complexed MC/CMC (30/30) blend doped with [EMIm]Ac ionic liquid.

[EMIm]Ac (% v/v)	σ (S cm ⁻¹)	Thickness (mm)
0	1.20×10^{-1}	0.014
5	1.26×10^{-1}	0.011
10	1.40×10^{-1}	0.017
15	1.53×10^{-1}	0.023
20	1.53×10^{-1}	0.018
25	1.59×10^{-1}	0.013
30	1.24×10^{-1}	0.019

Aplikasi Cairan Ion dalam Biotransformasi dan Transformasi Biomassa

El Seoud, O.A., Koschella, A., Fidale, L.C., Dorn, S., Heinze, T. (2007) Applications of Ionic Liquids in Carbohydrate Chemistry: A Window of Opportunities, *Biomacromolecules*, 8(9), 2629-2647

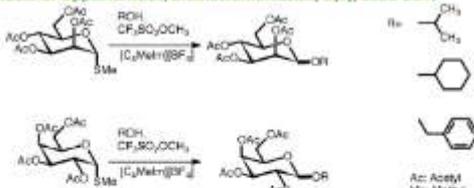
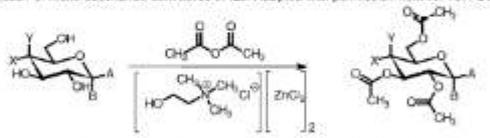


Figure 12. Glycosylation of mono-saccharide derivatives in ILs. Adapted with permission from ref 107. Copyright 2006 BioMed Central.

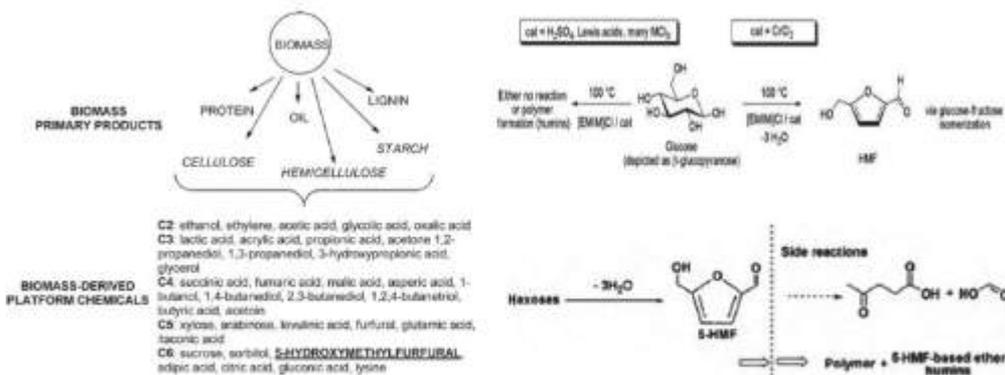


- 1: X= OH, Y=H, A=H, B=OMe
 - 2: X=H, Y=OH, A=H, B=OMe
 - 3: X=H, Y=OH, A=OMe, B=H
 - 4: X=OH, Y=H, A=H, B=OH
- Ac: Acetyl
Me: Methyl

Figure 14. Per-O-acetylation of sugars in ionic IL. Adapted with permission from ref 174. Copyright 2005 The Royal Society of Chemistry.

Aplikasi Cairan Ion dalam Biotransformasi dan Transformasi Biomassa

Yinghui, dkk. dalam Handy, S.T. (b) (2011) Applications of Ionic Liquids in Science and Technology, *IntTech*, Croatia, ISBN 978-953-307-005-8



The performance of 1,3-dipropyl-2-(2-propoxyphenyl)-4,5-diphenylimidazolium iodide based ionic liquid for biomass conversion into levulinic acid and formic acid

Megawati Zunita, Deana Wahyuningrum, Buchari, Bunbun Bundjali, I. Gede Wenten, Ramaraj Boopathy, *Bioresource Technology*, 315, 2020, 123864

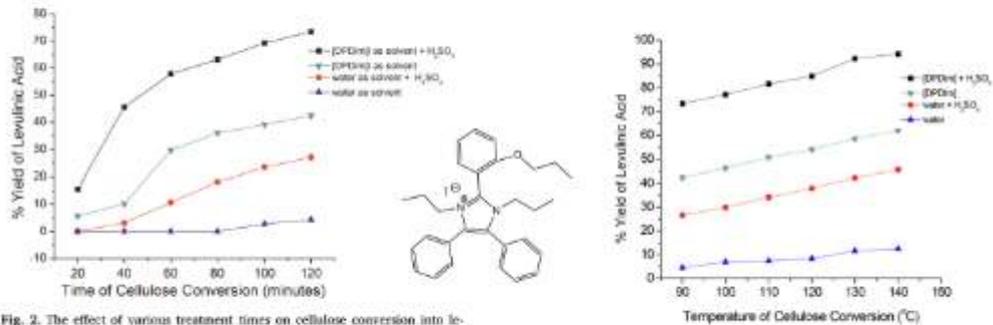


Fig. 2. The effect of various treatment times on cellulose conversion into levulinic acid at temperature of 90 °C.

Conversion of Glucose to 5-Hydroxymethylfurfural, Levulinic Acid, and Formic Acid in 1,3-Dibutyl-2-(2-butoxyphenyl)-4,5-diphenylimidazolium Iodide-Based Ionic Liquid

Megawati Zunita, Deana Wahyuningrum, Buchari, Bunbun Bundjali, I. Gede Wenten, Ramaraj Boopathy, *Applied Sciences*, 2021, 11(3), 989; <https://doi.org/10.3390/app11030989>

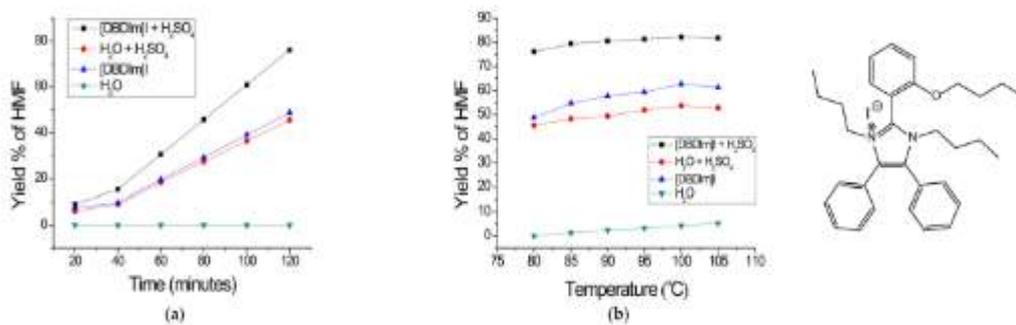


Figure 2. (a) HMF percentage yield from glucose conversion in water or [DBDIm]I as a solvent, with or without H₂SO₄ at 80 °C; and (b) effect of temperature on glucose conversion.

Terima Kasih

DAFTAR PUSTAKA

- Brandt, A., Grøsvik, J., Hallett, J., dan Welton, T. (2013): Deconstruction of Lignocellulosic biomass with ionic liquids, *Green Chemistry*, **15**, 550-583.
- Casarica, R., Júlio, A., Mota, J.P., Santos de Almeida, C.R.T. (2018) Applicability of Ionic Liquids In Topical Drug Delivery Systems: A Mini Review, *J of Pharmacol & Clin Res* **4**(5): 001 – 007, IPCR.MS.ID. 555649 (2018), DOI: 10.19080/IPC.R.2018.04.555649, ISSN: 2473-5574
- Davoodia, P., Leeb, L.Y., Xuc, Q., Sunila, V., Suna, Y., Soha, S., Wanga, C-H. (2018) Drug delivery systems for programmed and on-demand release *Advanced Drug Delivery Reviews* **132** 104–138
- Moniruzzaman, M. dan Goto, M (2011) Ionic Liquids: Future Solvents and Reagents for Pharmaceuticals *Journal of Chemical Engineering of Japan* **44**(6) pp 370-381
- Plechkova, N.V., dan Seddon, K.R. (2008): Applications of ionic liquids in the chemical industry, *Chemical Society Reviews*, **37**, 123-150.
- Tsibangu, P., Ndwandwe, S., dan Dikio, E. (2011): Density, viscosity and conductivity study of 1-butyl-3-methylimidazolium bromide, *International Journal Electrochemistry Sciences*, **6**, 201-213.
- Wasserscheid, P., dan Welton, T. (2002): *Ionic liquids in synthesis*, Wiley-VCH
- El Seoud, O.A., Koschella, A., Fidale, L.C., Dorn, S., Heinze, T. (2007) Applications of Ionic Liquids in Carbohydrate Chemistry: A Window of Opportunities, *Biomacromolecules*, **8**(9), 2629-2647
- Hajipour, A.R. dan Rafiee, F. (2015) Recent Progress in Ionic Liquids and their Applications in Organic Synthesis, *Organic Preparations and Procedures International: The New Journal for Organic Synthesis*, **47**:4, 1-60, DOI: 10.1080/00304948.2015.1052317
- Shiddiky, M.J.A. dan Torriero, A.A.I. (2011) Review: Application of ionic liquids In electrochemical sensing systems, *Biosensors and Bioelectronics* **26** 1775–1787
- Dupont, J. (2011) From Molten Salts to Ionic Liquids: A "Nano" Journey, *Accounts of Chemical Research*, **44**(11), 1223–1231
- Handy, S.T. (a) (2011) Ionic Liquids – Classes and Properties, InTech, Croatia, ISBN 978-953-307-634-8
- Handy, S.T. (b) (2011) Applications of Ionic Liquids in Science and Technology, InTech, Croatia, ISBN 978-953-307-605-8

SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN DAN SAINS KIMIA V
2022_IPW_ITB

34

DAFTAR PUSTAKA

- MacFarlane, D.R., Pringle, J.M., Johansson, K.M., Forsyth, S.A., Forsyth, M. (2006) Lewis Base Ionic Liquids, *Chem. Commun.*, 1905–1917
- Tseng, M-C., Tseng, M-J., Chu, Y.H. (2009) Affinity Ionic Liquids, *Chem. Commun.*, 7503–7505
- Chen, J., Xie, F., Li, X., Chen, L. (2018) Ionic Liquids for the Preparation of Biopolymer Materials for Drug/Gene Delivery: a Review *Green Chem.* **20**, 4109
- Dupont, J., de Souza, R.F., Suarez, P.A.Z. (2002) Ionic Liquid (Molten Salt) Phase Organometallic Catalysis *Chem. Rev.* **102**, 3667–3692
- Alni, A., Cahya, A.Y.D., dan Wahyuningrum, D. (2019) Synthesis of Imidazolium Based Ionic Liquids and Its Application as Medium in Cyclization Reaction of Diketone, *Key Engineering Materials*, **811**, pp80-91 doi:10.4028/www.scientific.net/KEM.811.80
- Pasasa, N.V.A., Wahyuningrum, D., Bundjali, B. (2015) The Microwave Assisted Synthesis of 1-alkyl-3-methylimidazolium Bromide as Potential Corrosion Inhibitor Toward Carbon Steel in 1 M HCl Solution Saturated with Carbon Dioxide, *AIP Conference Proceedings*, 1677, 070010, doi: 10.1063/1.4930720
- Zunita, M., Wahyuningrum, D., Buchari, Bundjali, B., Wenten, I.G., Boopathy, R. (2020) Corrosion Inhibition Performances of Imidazole Derivatives-Based New Ionic Liquids on Carbon Steel in Brackish Water, *Applied Sciences*, **10**, 7069; doi:10.3390/app10207069
- Zunita, M., Wahyuningrum, D., Buchari, Bundjali, B., Wenten, I.G., Boopathy, R. (2020) The performance of 1,3-dipropyl-2-(2-propoxyphenyl)-4,5-diphenylimidazolium iodide based ionic liquid for biomass conversion into levulinic acid and formic acid, *Bioresour Technol.*, **315**, 2020, 123864
- Zunita, M., Wahyuningrum, D., Buchari, Bundjali, B., Wenten, I.G., Boopathy, R. (2021) Conversion of Glucose to 5-Hydroxymethylfurfural, Levulinic Acid, and Formic Acid in 1,3-Dibutyl-2-(2-butoxyphenyl)-4,5-diphenylimidazolium iodide-Based Ionic Liquid, *Applied Sciences*, **2021**, 11(3), 989; <https://doi.org/10.3390/app11030989>
- Ndruru, S.T.C.L., Widiarto, S., Pramono, E., Wahyuningrum, D., Bundjali, B., Arcana, I.M. (2022) The influences of [EMim]Ac Ionic Liquid for the Characteristics of Li-Ion Batteries' Solid Biopolymer Blend Electrolyte Based on Cellulose Derivatives of MC/CMC Blend, *Macromol. Chem. Phys.*, 2100302

SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN DAN SAINS KIMIA V
2022_IPW_ITB

35






Bahan Penghantar Obat Berbasis Zeolit Alam

Dr. Yantus A.B Neolaka, S.Pd., M.Si
yantusneolaka@staf.undana.ac.id



Grup Riset Kimia Analitik

Penyisihan polutan

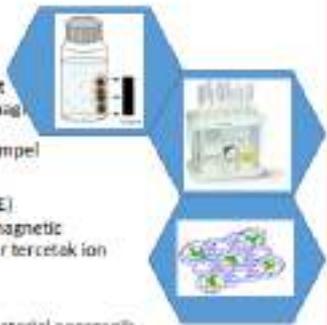
- Adsorpsi dengan IP di
- degradasi dengan nanokomposit
- adsorpsi dengan nanopartikel mag

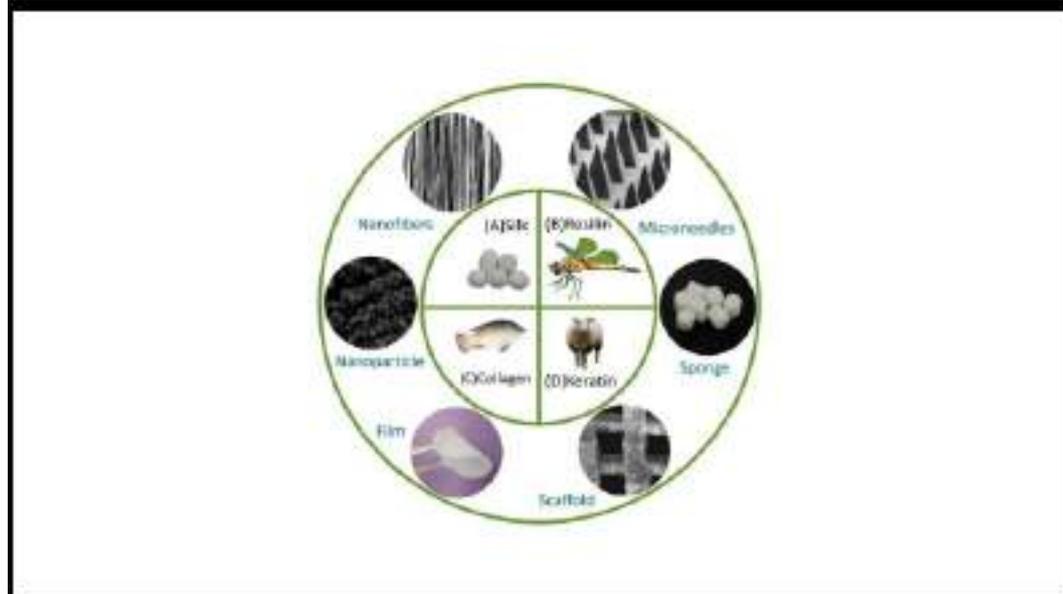
Pengembangan teknik preparasi sampel

- mikroekstraksi (SPE, SDME, DLLME)
- ekstraksi dengan nanopartikel magnetic
- Ekstraksi dengan material polimer tercetak ion

Biomaterial

Bahan penghantar obat berbasis material anorganik





Material penghantar obat berbasis zeolite alam

SCHEMATIKAL

APLIKASIBILE



Zeolite any of a large group of minerals comprising hydrated aluminosilicates of sodium, potassium, calcium, and barium. They can be readily dehydrated and rehydrated, and are used as cation exchangers and molecular sieves.

Zeolite can be used as a platform for the delivery of various types of drugs, however, because of the small size of the drug, they can be easily released from the structure. Therefore, the zeolite pore size needs to be adjusted in terms of the clinical drug (22). Moreover, differences in hydrophobicity between zeolite and drugs can limit their loading capacity, although this can be overcome via surface modification of the zeolite [30,31]. Thus, the surface of a zeolite can be adjusted depending on the drug that needs to be delivered. Table 1 details examples of zeolite structures, properties, and applications in biomedical applications.

Examples of zeolites used in biomedical applications

Zeolite Type	Structure	Zeolite Method	Application	Ref.
4A		Hydrothermal	Cell separation, fixation of cancer cells, drug delivery	36, 37, 38
5A		Hydrothermal (seeded)	Anticancer drug delivery, drug delivery, drug delivery	39, 40, 41
6A		Hydrothermal	Anticancer drug delivery, anticancer drug delivery, anticancer drug delivery	42, 43, 44, 45, 46
8A		Hydrothermal	Anticancer drug delivery, anticancer drug delivery, anticancer drug delivery	47, 48, 49

Zeolite



zeolite mineral with the chemical formula, $(Ca, Na_2 K_2) Al_2Si_10O_{24} \cdot 7H_2O$ orthorhombic

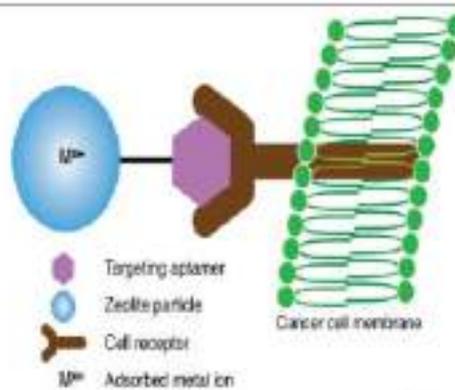


FIGURE 1

Functional zeolite-aptamer therapy and imaging. Reprinted with permission from [40]

Mordenite purification from natural zeolite

Natural zeolite was ground and sieved with a size of 100 mesh. Then the 200 g of zeolite was washed with 750 mL of RO water while stirring for 30 min at a temperature of 70 °C. Washing was carried out four times to remove impurities. Furthermore, natural zeolite that has been cleaned is dried in a heating oven to remove water. Moreover, purification of mordenite from natural zeolite was carried out in an alkaline way, namely washing natural zeolite with 3 M NaOH for 4 h while stirring. The natural zeolite was then filtered using filter paper Whatman 41 and cleaned using RO water until the pH was neutral. The natural zeolite was then dried at 300 °C in a muffle furnace for 3 h. The results obtained were then given the name Mor.



NaCl will cause the active site of the zeolite to be more open and can increase the adsorption capacity where Na⁺ ions play a role in dissolving Si to form a sodium silica zeolite structure that becomes more negatively charged.

Synthesis of Cu(II)-Mor material

The synthesis was carried out using the method approach Khatantian et al. [27] with a bit of modification. Mor (0.5 g) was suspended in NaCl solution (5 mL, 3 M) and stirred for 24h. Then, Mor was separated using centrifugation at 2000 rpm and then washed several times using RO water. Mor was then dried at 60 °C. Mor powder was then added to a solution of Cu(CH₃COO)₂ (25 mL, 1 M), stirred for 24 h, separated by centrifugation at 2000 rpm, washed with demineralized water and then dried at 60 °C. The sample was then named Cu-Mor.

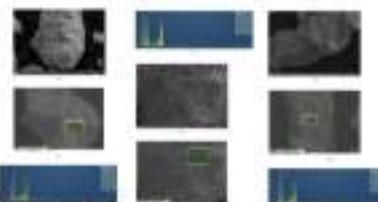
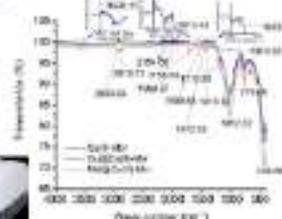
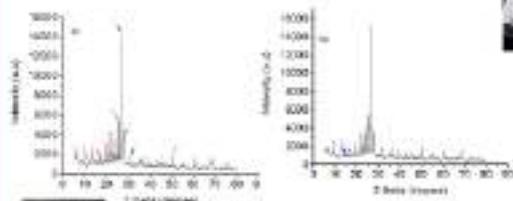


NaCl is used to increase the zeolite pore size so that the adsorption capacity increases.

After being washed and then dried, the Mor powder was added to Cu(CH₃COO)₂ solution. Coordination cations are necessary because it is impossible to make uniform and stable composites without coordination cations [23]. The addition of transition metal complexes in the zeolite cavity can promote high chemical, thermal and radiation stability and good activity and stability. This result is related to the output of research from Shefi et al. [48], where it can be seen that the occupation of Cu(II) with zeolite in the study showed that Cu(II)-zeolite has low toxicity and is biocompatible.

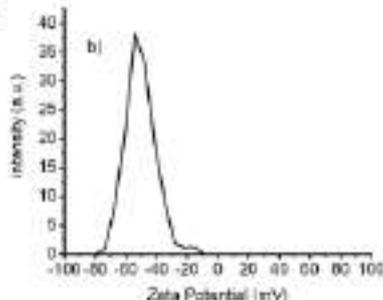
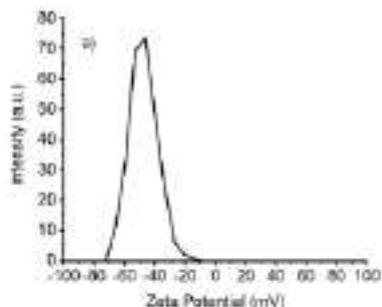
Characterization of drug delivery materials

Performing Physico-chemical characterization of Ibus@Cu(II)-Mor and Mel@Cu(II)-Mor materials and then characterized using XRD (Shimadzu XRD 7000 diffractometer (Shimadzu, Japan), FTIR (Perkin Elmer, with attenuated total reflectance method at a resolution of 4 cm⁻¹ in the range of 4000 cm⁻¹–400 cm⁻¹, scan 16 times) and FESEM-EDS (Thermo Scientific Quatro S).



Zeta potential measurement

The dispersion stability of the drug-delivery material was studied using zeta potential Horiba SZ-100, dispersant aquadest, Size range -200 ± 200 mV, ibu@Cu(II)-Mor or Mel@Cu(II)-Mor was crushed in RO water with a crusher before measurement.



It can be seen that the zeta potential of ibu@Cu(II)-Mor and Mel@Cu(II)-Mor shows a considerable zeta potential value [negative value] which is -53.69 ± 0.3 mV and -46.51 ± 0.2 mV, respectively. It is known that the Zeta potential must have a minimum value of -30 mV before it is considered a drug delivery material that has good nanodispersion stabilization

Loading ibuprofen or meloxicam on Cu(II)-Mor

1000 mg of Cu(II)-Mor was added to 75 ml of a methanol solution containing 600 mg of ibuprofen or meloxicam. Then the solution was stirred for 24 h at room temperature. After the stirring process, the drug delivery sample was filtered and dried in an oven at 35°C for 2 h. After that, the drug sample was kept in a desiccator until further processing. Meanwhile, the filtrate was measured at 200 nm for ibuprofen and 210 nm for meloxicam [24]. The percentage of drug loading content (DL, %) and percentage of entrapment efficiency (EE, %) is still determined through Equations (1) and (2), respectively [22].

$$\text{Drug loading (\%)} = \frac{\text{Weight of drug in Cu(II)-Mor}}{\text{Weight of Cu(II)-Mor}} \times 100 \quad (1)$$

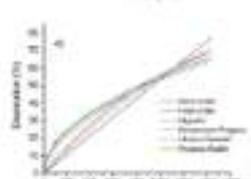
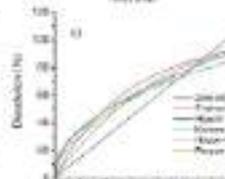
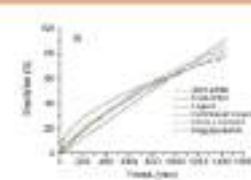
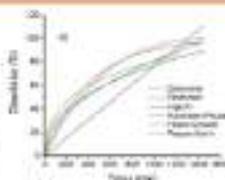
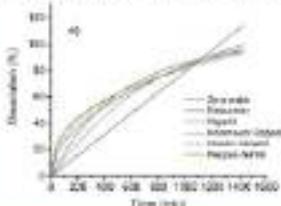
$$\text{Entrapment efficiency (\%)} = \frac{\text{Weight of drug in Cu(II)-Mor}}{\text{Weight of drug fed initially}} \times 100$$

Drug carrier	Drug sample	Drug loading (%)	Entrapment Efficiency (%)
Cu(II)-Mor	Ibuprofen	54.74	91.24
	Meloxicam	54.40	54.40

Drug release

Samples of Mel@Cu(II)-Mor or ibu@Cu(II)-Mor were each put into 50 mL of pH acid (pH 4), neutral (pH 7) and base (pH 9) buffer solution. Then the solution was kept for 24 h. Then the sample solution was taken as much as 5 mL at certain time intervals, then centrifuged at 1500 rpm for 5 min, filtered and then measured at a particular wavelength using UV-Vis at a wavelength of 200 nm for ibuprofen and 210 nm for meloxicam. At the same time, the sample solution was added 5 mL of RO water again so that the sample volume remained 50 mL. After a specific desorption time, there is no change in the concentration of meloxicam or ibuprofen in the buffer solution. It is assumed that the maximum drug release has been achieved.

The linear standard curve of this studies of ibuprofen is $A = 0.0021C + 0.014$ with $R^2 = 0.989$ and the linear standard curve of this

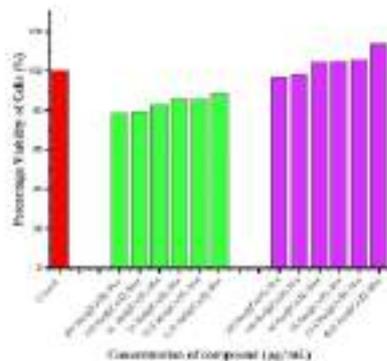


Drug carrier	Dissolution (%)		
	pH 4	pH 7	pH 9
ibu@Cu(II)-Mor	72.46	79.78	86.83
Mel@Cu(II)-Mor	68.07	69.17	69.25

No	Substance	Zero Order	First Order	Higuchi	Hansen-Cornell	Korsmeyer Peppas	Peppas-Sahlin
Ibuprofen released from Cu(II)-Mor at pH 7							
1	R ² adjusted	0.9448	0.9701	0.9307	0.9983	0.9534	0.9935
2	SS	368.8113	301.3915	439.0317	109.0169	181.2189	123.9814
3	AIC	42.0663	31.1345	45.4521	34.7761	40.4565	40.0717
Ibuprofen released from Cu(II)-Mor at pH 7							
1	R ² adjusted	0.7971	0.8029	0.9008	0.9901	0.8763	0.9101
2	SS	125.9228	124.2247	495.2717	116.6672	629.8201	413.4460
3	AIC	33.8264	40.0937	49.4361	40.2941	49.1184	48.5005
Meloxicam released from Cu(II)-Mor at pH 7							
1	R ² adjusted	0.9101	0.8159	0.9718	0.9781	0.9174	0.9684
2	SS	32.01754	50.17794	429.2858	101.7527	375.0184	112.2912
3	AIC	38.0213	49.8089	54.2369	49.6791	53.4441	53.0325
Meloxicam released from Cu(II)-Mor at pH 7							
1	R ² adjusted	0.8370	0.9144	0.9881	0.9145	0.9443	0.9549
2	SS	472.6928	364.2338	135.4793	223.8874	143.4734	91.6887
3	AIC	45.0943	37.7932	30.3617	30.8781	33.6379	27.0448
Meloxicam released from Cu(II)-Mor at pH 7							
1	R ² adjusted	0.9486	0.8881	0.9301	0.9829	0.9722	0.9708
2	SS	2916.9614	414.0807	183.0396	780.0376	104.8991	92.0208
3	AIC	36.2216	44.1925	36.4891	46.2387	36.4489	27.3146
Meloxicam released from Cu(II)-Mor at pH 7							
1	R ² adjusted	0.8765	0.8828	0.9886	0.9291	0.9236	0.9936
2	SS	376.6597	332.7337	181.3614	161.3931	143.4181	43.4439
3	AIC	43.5251	36.2199	38.4014	37.9363	36.5264	27.1314

showed that the dissolution of ibuprofen or meloxicam from Cu(II)-Mor at pH 7 followed the Peppas-Sahlin kinetic mechanism. The Peppas-Sahlin method was chosen because it has the highest adjusted R² value, the lowest sum of squares (SS), and the Akaike information criterion (AIC) (Zhang et al., 2010). Based on Figure 7 and Table 4, this result indicates that the ibuprofen or meloxicam transport release from Cu(II)-Mor was controlled by Fickian diffusion and case II relaxations (Unagolla & Jayasuriya, 2018). Peppas-Sahlin model is the second term of Case-II relaxational contribution with *n* is pure Fickian diffusion exponent for any geometric shape of material drug delivery which shows controlled release (Peppas & Sahlin, 1989).

Drug material cytotoxicity test



The MTT assay test is a quantitative colorimetric test that can measure cell viability, proliferation and activity (Kumar et al., 2018). The cytotoxicity Ibu@Cu(II)-Mor, dan Mel@Cu(II)-Mor on Vero cells was evaluated by MTT assay. Figure 8 shows the viability of the vero cell exposed to 0.25 – 200 µg/ml of Ibu@Cu(II)-Mor or Mel@Cu(II)-Mor. Cytotoxicity tests were carried out to evaluate the biocompatibility of Ibu@Cu(II)-Mor and Mel@Cu(II)-Mor. A compound is said to have low cytotoxicity if it has a cell viability value of more than 80% (Fahmi et al., 2018). It is known that moordenite can be used as a drug delivery system (Heo et al., 2021). The graph (Figure 8) shows that Mel@Cu(II)-Mor has a good value of Vero cell viability at a concentration of 50 µg/mL. While Ibu@Cu(II)-Mor showed Vero cell viability of more than 90%. This result showed that Cu(II)-Mor had better potential to use as a safe drug delivery agent because it showed good biocompatibility properties.

IMPLEMENTASI PENUNTUN PRAKTIKUM KIMIA TERINTEGRASI NILAI SPIRITUAL UNTUK MENINGKATKAN SIKAP SPIRITUAL DAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS

Aisah Harahap¹, Ayi Darmana², Iis Siti Jahro³
Universitas Negeri Medan
aisyahharahap@mhs.unimed.ac.id

ABSTRAK

Dengan masuknya pendidikan karakter dalam kurikulum sekolah maka sangat penting untuk menciptakan buku penuntun praktikum yang dapat memasukkan unsur religius dan memunculkan aspek kemampuan berpikir kritis dalam pembelajaran kimia. Tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui perbedaan sikap spiritual siswa sebelum dan sesudah diajarkan menggunakan penuntun praktikum kimia terintegrasi nilai spiritual dan kemampuan berpikir siswa setelah diajarkan menggunakan penuntun praktikum kimia terintegrasi nilai spiritual. Sampel dalam penelitian ini adalah kelas XI MIPA 1 yang diambil secara purposive sampling. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen semu. Instrumen yang digunakan berupa instrumen tes dan angket. Analisis data menggunakan IBM SPSS Statistics 22 for Windows. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan sikap spiritual sebesar 0,000 dan rata-rata kemampuan berpikir kritis siswa sebesar 74%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan sikap spiritual siswa sebelum dan sesudah menggunakan penuntun praktikum kimia terintegrasi nilai spiritual dan rata-rata kemampuan berpikir kritis siswa memiliki kategori tinggi

Kata kunci : Penuntun Praktikum Kimia Terintegrasi Nilai Spiritual, Sikap Spiritual, Kemampuan Berpikir Kritis

ABSTRACT

With the inclusion of character education in the school curriculum, it is very important to create a practical guidebook that can incorporate religious elements and bring up aspects of critical thinking skills in chemistry learning. The purpose of this study was to determine the differences in students' spiritual attitudes before and after being taught using an integrated chemistry practicum guide on spiritual values and students' thinking skills after being taught using an integrated chemistry practicum guide on spiritual values. The sample in this study was class XI MIPA 1 which was taken by purposive sampling. The research method used is a quasi-experimental method. The instruments used are test instruments and questionnaires. Data analysis using IBM SPSS Statistics 22 for Windows. The results showed an increase in spiritual attitudes of 0.000 and the average critical thinking ability of students was 74%. So it can be concluded that there are differences in students' spiritual attitudes before and after using the integrated chemistry practicum guide spiritual values and the average critical thinking ability of students has a high category.

Keyword: *Spiritual Value Integrated Chemistry Practicum Guide, Spiritual Attitude, Critical Thinking Skills*

PENDAHULUAN

Kimia merupakan salah satu mata pelajaran yang dianggap sulit di kalangan siswa SMA. Menurut Endah [1] materi kimia banyak yang bersifat abstrak sehingga siswa yang memiliki kemampuan berpikir abstrak tinggi dapat berpikir mengenai penggunaan efektif dari konsep-konsep serta simbol-simbol dalam menghadapi situasi khusus dalam menyelesaikan masalah, dan berpikir dengan tidak memerlukan pertolongan benda-benda konkrit sehingga kemampuan berpikir abstrak anak mempunyai kontribusi positif bagi prestasi belajar siswa. Belajar dalam ilmu kimia menekankan pada pengalaman langsung [2]. Salah satu metode yang dapat digunakan dalam pembelajaran kimia adalah praktikum. Pelaksanaan kegiatan praktikum membutuhkan penuntun praktikum, dimana penuntun praktikum digunakan untuk mempermudah menemukan langkah-langkah praktikum. [3]. Praktikum merupakan kegiatan yang tepat untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis peserta didik. Mengajarkan siswa untuk berpikir kritis merupakan salah satu tujuan utama pendidikan. Berpikir kritis dapat diartikan sebagai upaya seseorang untuk memeriksa kebenaran informasi menggunakan bukti, logika, dan kesadaran bias. Ada lima keterampilan berpikir kritis yang dapat dikembangkan melalui kegiatan praktis seperti menganalisis, mensintesis, mengenali dan memecahkan masalah, menyimpulkan dan mengevaluasi atau menilai [4].

Dari hasil observasi yang telah dilakukan masih banyak ditemukan beberapa permasalahan dalam pelaksanaan praktikum. Siswa cenderung selalu dibimbing atau diberikan petunjuk penyelesaian masalah secara lengkap, sehingga siswa belum mampu untuk belajar memecahkan masalah secara mandiri menggunakan kemampuan yang dimilikinya untuk menyelesaikan masalah. Hal di atas mengakibatkan kemampuan berpikir kritis siswa belum berkembang optimal [5]. Sebagai pendidik, seorang guru harus mampu menciptakan pembelajaran yang mampu melatih kemampuan berpikir kritis siswa untuk menemukan informasi belajar secara mandiri dan aktif menciptakan struktur kognitif pada siswa [6]. Supaya kegiatan pembelajaran lebih menarik dan lebih melatih keterampilan serta sikap dalam belajar maka diperlukan pengembangan penuntun praktikum kimia yang sesuai dengan kurikulum 2013.

Menurut [7] Kurikulum 2013 terdiri dari dua kompetensi pokok yakni kompetensi inti dan kompetensi dasar. Namun, dalam mengimplementasikan kompetensi inti, banyak menghadapi kesulitan terutama pada aspek sikap spiritual. Pada dimensi spiritual guru diharapkan mampu melakukan kontemplasi nilai-nilai keIlahian terhadap pembelajaran yang dilakukan, termasuk kimia. Pada kenyataannya, banyak guru kimia yang belum mampu menerapkannya [8]. Beberapa faktor penyebabnya adalah 1) Sikap apatis guru sains terhadap agama, 2) Sebagian guru menganggap sains bebas nilai, 3) Sangat terbatasnya referensi dan 4) Pada umumnya pemikir, perencana, pelaksana kurikulum terutama para guru tidak mampu/tidak cukup mengerti bagaimana mempersiapkan dan mengajarkan materi sains berbasis nilai moral agama yang dapat mengantarkan siswa memungkinkan menjadi beriman dan bertaqwa kepada Tuhan Yang Maha Esa [9].

Menurut Darmana [10] bahwa menghadirkan aspek spiritual dalam materi ajar tidak akan mengurangi kualitas tingkat ilmiah dari kimia itu sendiri, bahkan merupakan upaya yang benar-benar tepat karena dapat mengembalikan pemahaman siswa bahwa segala fenomena termasuk penemuan-penemuan sains yang telah ditemukan merupakan takdir yang telah ditetapkan oleh Tuhan tentang kejadiannya. Dalam penelitian [11] menunjukkan bahwa terdapat perbedaan hasil belajar dan sikap spiritual siswa sebelum dan sesudah diajarkan dengan bahan ajar terintegrasi nilai spiritual. Dalam penelitian [12] menunjukkan bahwa pelaksanaan praktikum dengan pola semi penelitian dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis proses sains siswa khususnya dalam merencanakan eksperimen sebesar 88,3% dan keterampilan berpikir kritis dalam mengevaluasi sebesar 82,3% tetapi masih memiliki beberapa keterbatasan antara lain jumlah siswa dalam setiap kelompok lima orang, sehingga siswa kurang berpartisipasi dalam melaksanakan praktikum dan tes. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan sikap spiritual siswa sebelum dan sesudah diajarkan menggunakan penuntun praktikum kimia terintegrasi nilai spiritual dan kemampuan berpikir siswa setelah diajarkan menggunakan penuntun praktikum kimia terintegrasi nilai spiritual.

METODE

Metode meliputi uraian rinci tentang cara, instrumen, dan teknik analisis penelitian yang digunakan dalam memecahkan permasalahan. Apabila merupakan *hasil kajian* pustaka, maka urutan setelah pendahuluan adalah *analisis pemecahan masalah*. Analisis Pemecahan Masalah meliputi uraian obyektif tentang pemecahan masalah. Jarak antar sub judul dengan teks sebelumnya adalah satu spasi.

Penelitian ini dilakukan di MAN 2 Deli Serdang Medan pada semester ganjil tahun ajaran 2022-2023. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen semu. Sampel dalam penelitian ini adalah kelas XI MIPA 1 sebanyak 40 siswa yang diambil secara purposive sampling. Instrumen yang digunakan berupa instrumen tes dan angket. Instrumen tes yang digunakan berupa tes objektif yang digunakan untuk melihat kemampuan berpikir kritis siswa dengan memasukkan 5 indikator kemampuanberpikir kritis menurut Ennis. Kriteria analisis rata-rata kemampuan berpikir kritis siswa dapat dilihat pada tabel 1 dan dihitung menggunakan rumus :

$$Rata - rata = \frac{skor\ yang\ diperoleh}{skor\ maksimal} \times 100\%$$

Tabel 1. Kriteria Analisis Rata-rata Kemampuan Berpikir Kritis

No	Rata-rata	Kriteria
1	76-100	Sangat tinggi
2	51-75	Tinggi
3	26-50	Cukup
4	1-25	Rendah

Sedangkan angket yang digunakan untuk melihat sikap spiritual siswa dengan uji *Paired Sample T-Test* dengan nilai sign < 0,05 dengan menggunakan program *IBM SPSS Statistics 22 for Windows*. Sebelum menggunakan teknik analisa ini dilakukan uji prasyarat data yang harus dipenuhi yaitu normalitas dan homogenitas. Uji normalitas menggunakan program *IBM SPSS Statistics 22 for Windows* dengan pendekatan Kolmogrov-Smirnov dan homogen menggunakan pendekatan Levene Statistic Tes

HASIL

Peningkatan Sikap Spiritual

Untuk mengetahui sikap spiritual dalam penelitian ini dilakukan dengan menyisipkan nilai-nilai spiritual ke dalam penuntun praktikum yang disesuaikan dengan materi laju reaksi. Dari hasil penelitian (tabel 2) menunjukkan bahwa telah terjadi peningkatan sikap spritual siswa setelah menggunakan penuntun praktikum kimia terintegrasi nilai spiritual.

Tabel 2. Hasil uji *Paired Sample T-Test*

Paired Samples Test									
Paired Differences									
		Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval of the Difference		t	Sig.	Sig. (2-tailed)
					Lower	Upper			
Pair 1	pre-test Eks 1 - post-test Eks 1	-9.226	4.566	.820	-10.901	-7.551	-11.250	.30	.000

Pada pengujian data dengan program IBM SPSS Statistics 22 for Windows untuk sikap spiritual siswa diperoleh hasil nilai sign. (2-tailed) < 0,05 (tingkat kesalahan 5%) yaitu 0,000. Artinya terdapat perbedaan sikap spiritual siswa sebelum dan sesudah menggunakan penuntun praktikum kimia terintegrasi nilai spiritual. Hal ini karena penuntun praktikum kimia terintegrasi nilai spiritual yang dikembangkan dilengkapi dengan nilai-nilai spiritual yang bersumber dari ayat-ayat Al-Qur'an dan beberapa hadist yang disertai dengan penjelasan tentang ayat Al-Qur'an dan hadist tersebut. Nilai spiritual pada siswa perlu dikukuhkan karena nilai spiritual yang dimiliki siswa dapat menjadi pondasi untuk tidak melakukan perbuatan yang dilarang oleh Allah kemudian akan memperbaiki perilakunya dan beramal sholeh. Dalam rangka menanamkan sikap yang mencerminkan nilai-nilai spiritual adalah dengan memberikan pembinaan kepada siswa tentang nilai-nilai spiritual yang dibangun dengan menanamkan nilai bahwa dia butuh Allah dalam hidupnya melalui penguatan keimanan, ibadah, mengangan-angan tentang nikmat Allah yang diterimanya serta membangun pengetahuan dan kesadaran dan cinta kepada Allah. Sehingga untuk membentuk siswa agar menjadi baik, maka siswa harus dibiasakan dan ditempatkan pada tempat yang baik sehingga siswa tersebut akan menjadi baik. Melalui pengetahuan yang dipelajari siswa di sekolah harus dihubungkan dengan kehidupan nyata serta perintah atau anjuran agama [13]. Hal ini sesuai dengan penelitian [11] yang menyatakan bahwa terdapat perbedaan sikap spiritual siswa sebelum dan sesudah diajarkan dengan bahan ajar terigrasi nilai spiritual.

Kemampuan Berpikir Kritis

Untuk mengetahui rata-rata kemampuan berpikir siswa setelah menggunakan penuntun praktikum terintegrasi nilai spiritual dilakukan dengan tes objektif berupa pilihan ganda dengan memasukkan 5 indikator kemampuan berpikir kritis menurut Ennis. Dari hasil penelitian diperoleh rata-rata kemampuan berpikir kritis siswa sebesar 74% dengan kriteria tinggi. Hal ini dikarenakan praktikum merupakan kegiatan yang tepat untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis peserta didik. Menanamkan kebiasaan berpikir kritis kepada peserta didik perlu dilakukan agar peserta didik dapat mengatasi berbagai persoalan dan permasalahan yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari terutama dalam kegiatan praktikum [4]. Menurut penelitian [14] menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis siswa rendah. Hal ini membuktikan bahwa kemampuan berpikir kritis siswa masih perlu dilatihkan lebih lanjut agar dapat ditingkatkan. Sehingga kegiatan praktikum sangat memiliki pengaruh besar dalam proses pembelajaran dan dalam peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa. Dengan kemampuan berpikir kritis yang baik, siswa tidak akan dengan mudah menerima sesuatu yang diterimanya begitu saja, tetapi siswa juga dapat mempertanggung-jawabkan pendapatnya disertai dengan alasan yang logis [4].

SIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini menunjukkan peningkatan sikap spiritual sebesar 0,000 yang berarti bahwa terdapat perbedaan sikap spiritual siswa sebelum dan sesudah menggunakan penuntun praktikum kimia terintegrasi nilai spiritual dan rata-rata kemampuan berpikir kritis siswa sebesar 74% dengan kategori tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Endah, W. Sunarno dan A. N. C. Saputra, "Pembelajaran Kimia Menggunakan Inkuiri Terbimbing dengan Model E-Learning Ditinjau dari Kemampuan Pemahaman Membaca dan Berpikir Abstrak," *Jurnal Inkuiri*, pp. 112-120, 2012.
- [2] Depdiknas, Undang-undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003 Tentang Sistem Pendidikan Indonesia, Jakarta: Depdiknas RI, 2003.
- [3] L. T. Lubis, R. Silaban dan I. S. Jahro, "Pengembangan Penuntun Praktikum Kimia Dasar I Terintegrasi Pendekatan Inkuiri," *Jurnal Pendidikan Kimia*, vol. 8, no. 2, pp. 95-104, 2016.
- [4] H. Hendriana, E. E. Rohaeti dan U. Sumarmo, *Hard Skills dan Soft Skills Matematik Siswa*, Bandung: Refika Aditama, 2017.

- [5] A. Firdaus, L. C. Nisa dan Nadhifah, “Kemampuan Berpikir Kritis Siswa pada Materi Barisan dan Deret Berdasarkan Gaya Berpikir,” *Jurnal Matematika Kreatif-Inovatif*, vol. 68, no. 77, pp. 68-77, 2019.
- [6] S. Patonah, “Elemen Bernalar Tujuan pada Pembelajaran IPA melalui Pendekatan Metakognitif Siswa SMP,” *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, vol. 3, no. 2, 2014.
- [7] Depdiknas, *Pengembangan Pendidikan Budaya dan Karakter Bangsa : Pedoman Sekolah*, Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional, 2010.
- [8] Z. Zain dan R. Vebrianto, “Integrasi Keilmuan Sains dan Islam dalam Proses Pembelajaran Rumpun IPA,” *Jurnal Program Studi Pendidikan Kimia*, pp. 18-19, 2017.
- [9] A. Darmana, A. Permanasari, S. Sauri dan Y. Suryana, “Pandangan Siswa terhadap Internalisasi Nilai Tauhid melalui Materi Termokimia,” *Prosiding SEMIRATA 2013*, vol. 1, no. 1, 2013.
- [10] A. Darmana, “Internalisasi Nilai Tauhid pada Pembelajaran Kimia untuk Meningkatkan Kemampuan Siswa SMA dalam Memahami Nilai-Nilai Agama dan Kimia,” dalam *Disertasi*, Universitas Pendidikan Indonesia, 2014.
- [11] A. Harahap dan A. Darmana, “Pembelajaran PBL Menggunakan Bahan Ajar Terintegrasi Nilai Spiritual untuk Meningkatkan Hasil Belajar dan Sikap Spiritual,” *Jurnal Inovasi Pembelajaran Kimia*, vol. 2, no. 2, pp. 64-70, 2020.
- [12] I. S. Jahro, A. Darmana dan A. Sutiani, “Improving Students Science Process and Critical Thinking Skills Using Semi-Research Patterns Practicum,” *Jurnal Tadris Kimiya*, vol. 6, no. 1, pp. 82-91, 2021.
- [13] Sulthon, “Membangun Kesadaran Berperilaku Siswa Madrasah dengan Penguatan Nilai-Nilai Spiritual,” *Edukasia : Jurnal Penelitian Pendidikan Islam*, vol. 11, no. 2, pp. 399-420, 2016.
- [14] L. Nuryanti, S. Zubaidah dan M. Diantoro, “Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMP,” *Jurnal Pendidikan : Teori, Penelitian dan Pengembangan*, vol. 3, no. 2, pp. 155-158, 2018.

PENGEMBANGAN PENUNTUN PRAKTIKUM KIMIA BERBASIS *GREEN CHEMISTRY* UNTUK SMA KELAS XI SEMESTER GANJIL

Nur Fatni Amirah Harahap¹, Iis Siti Jahro², Ayi Darmana³

Program Studi Pendidikan Kimia, Pascasarjana, Universitas Negeri Medan, Medan^{1,2,3}
nurfatniamirahharahap@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kelayakan penuntun praktikum berbasis *Green Chemistry* yang dikembangkan berdasarkan BNSP. Jenis penelitian ini adalah penelitian dan pengembangan (R&D). Teknik pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan instrumen non test. Instrumen non test berupa angket yang berisi standar kelayakan penuntun praktikum berbasis *Green Chemistry* berdasarkan BNSP untuk melihat kelayakan penuntun praktikum yang dikembangkan. Model pengembangan yang digunakan adalah model ADDIE yang dibatasi pada 3 tahap yaitu analisis, perancangan, dan pengembangan. Subjek validasi terdiri dari validator ahli yaitu 2 orang dosen Universitas Negeri Medan dan 2 orang guru kimia. Hasil penelitian diperoleh aspek kelayakan isi 86,5%, aspek kelayakan bahasa 91,5%, aspek kelayakan penyajian 95% dan aspek kelayakan kegrafik 86,5%. Sehingga rata-rata kelayakannya sebesar 90% dengan kriteria sangat layak.

Kata Kunci : Penuntun Praktikum, *Green Chemistry*, BNSP

ABSTRACT

This study aims to determine the feasibility level of a Green Chemistry-based practicum guide developed based on BNSP. This type of research is research and development (R&D). Data collection techniques in this study used non-test instruments. The non-test instrument is in the form of a questionnaire containing appropriate guiding standards based on the Green Chemistry practicum based on BNSP to see the practicum guide that will be developed. The development model used is the ADDIE model which is limited to 3 stages, namely analysis, design, and development. The validation subjects consisted of expert validators, namely 2 Medan State University lecturers and 2 chemistry teachers. The result of this research is that content feasibility aspect is 86.5%, language feasibility aspect is 91.5%, presentation feasibility aspect is 95% and graphic feasibility aspect is 86.5%. So that the average eligibility is 90% with very feasible criteria.

Keyword: Practical Guid, *Green Chemistry*, BNSP

PENDAHULUAN

Undang-undang tentang sistem pendidikan nasional bab 1 pasal 1 nomor 1 bahwa Pendidikan adalah usaha sadar dan terencana untuk mewujudkan suasana belajar dan proses pembelajaran agar peserta didik secara aktif mengembangkan potensi dirinya untuk memiliki kekuatan spiritual keagamaan, pengendalian diri, kepribadian, kecerdasan, akhlak mulia, serta keterampilan yang diperlukan dirinya, masyarakat, bangsa dan negara [1].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kelayakan penuntun praktikum berbasis *Green Chemistry* yang dikembangkan berdasarkan BNSP. Penelitian ini dilakukan dengan mengembangkan penuntun praktikum yang sudah ada sebagai perencanaan produk yang dikembangkan terintegrasi *Green Chemistry*. Banyaknya buku praktikum yang dijual di pasaran maupun yang digunakan sekolah belum menerapkan konsep *Green Chemistry* dan tidak terdapat Kompetensi Dasar (KD) dan Kompetensi Inti (KI) pada buku praktikum.

Kegiatan praktikum memegang peranan penting dalam pembelajaran IPA khususnya kimia yang merupakan ilmu eksperimental. Kimia dibangun di atas sebuah produk, proses, dan sikap ilmiah [2]. Oleh karena itu, kimia tidak dapat dipelajari hanya melalui membaca, menulis, atau mendengarkan [3]. Pelaksanaan praktikum diharapkan dapat memberikan bukti kebenaran teori

atau konsep yang telah dipelajari peserta didik sehingga teori atau konsep tersebut menjadi lebih bermakna dalam struktur kognitifnya [4].

Praktikum merupakan suatu kegiatan dalam proses memperoleh ilmu pengetahuan yang dilaksanakan di laboratorium. Kegiatan praktikum merupakan bagian dari pembelajaran yang bertujuan agar peserta didik mendapat kesempatan untuk membuktikan teori dalam keadaan nyata dengan menguji dan melaksanakan percobaan secara langsung.

Praktikum memiliki banyak manfaat tetapi juga memiliki berbagai macam konsekuensi dalam pelaksanaannya, antara lain pembuangan limbah dari hasil praktikum dan keselamatan kerja di laboratorium. Pelaksanaan praktikum kimia SMA diketahui menggunakan bahan kimia berbahaya seperti NaOH, HCl, NH₃ dan H₂SO₄ dan menjadi lebih berbahaya lagi jika dilakukan tanpa alat pelindung diri seperti jas praktikum, masker, dan sarung tangan. Pada umumnya peserta didik belum mengetahui aturan selama di dalam laboratorium, sifat-sifat bahan praktikum, bahaya bahan kimia, dan arti simbol yang terdapat pada laboratorium, cara menggunakan alat laboratorium, dan pembuangan limbah yang benar. Jika masalah ini dibiarkan maka akan menjadi tidak terkendali dan dapat membahayakan keselamatan peserta didik. Oleh karena itu, peserta didik membutuhkan praktikum yang aman dan ramah lingkungan untuk meminimalkan timbulnya limbah berbahaya dan kecelakaan saat melakukan praktikum.

Green Chemistry memberikan dua belas prinsip untuk merancang proses kimia secara inheren kurang risiko terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. *Green Chemistry* mendukung tujuan keberlanjutan dan mencakup ruang lingkup yang lebih besar termasuk pengajaran, penelitian laboratorium, serta industri kimia. *Green Chemistry* memiliki 12 prinsip, yaitu: “(1) pencegahan; (2) ekonomi atom; (3) bahan kimia yang kurang berbahaya sintesis, (4) mendesain lebih aman bahan kimia; (5) lebih aman pelarut dan pembantu; (6) desain untuk energi efisiensi, (7) penggunaan bahan baku terbarukan; (8) mengurangi turunan; (9) katalisis; (10) desain untuk degradasi; (11) analisis waktu nyata untuk polusi pencegahan; dan (12) kimia yang secara inheren lebih aman untuk pencegahan kecelakaan” [5].

Menurut *Green Chemistry* bahan-bahan kimia yang digunakan selain harus aman bagi pengguna (guru dan peserta didik), juga harus ramah terhadap lingkungan. Ini berarti limbah yang dihasilkan dari proses kimia seperti percobaan di Laboratorium atau praktikum harus tidak berbahaya bagi makhluk dan lingkungan [6].

Pada buku praktikum berbasis *Green Chemistry* ini menerapkan beberapa prinsip *Green Chemistry* seperti : pencegahan; bahan kimia yang kurang berbahaya sintesis, mendesain lebih aman bahan kimia; lebih aman pelarut dan pembantu dan kimia yang secara inheren lebih aman untuk pencegahan kecelakaan.

METODE

Jenis penelitian ini adalah penelitian dan pengembangan (R&D). Teknik pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan instrumen non test. Instrumen non test berupa angket yang berisi standar kelayakan penuntun praktikum berbasis *Green Chemistry* berdasarkan BNSP untuk melihat kelayakan penuntun praktikum yang dikembangkan. Pengembangan penuntun praktikum berbasis *Green Chemistry* ini dikembangkan dengan menggunakan model ADDIE yang terdiri dari 5 tahapan yaitu Analisis, Perancangan, Pengembangan, Implementasi dan Evaluasi. Pada penelitian ini hanya dilakukan sampai tahap pengembangan.

Kelayakan penuntun praktikum berbasis *Green Chemistry* pada penelitian ini diukur menggunakan BNSP, analisis secara deskriptif dengan memperhatikan aspek-aspek terkait dalam proses perancangannya yang meliputi format tampilan, materi, dan penyajian bahasa. Adapun perhitungan dalam penilaian kelayakan penuntun praktikum ini dengan menggunakan rumus persentase pada Persamaan 1 dan persentase penilaian kelayakan penuntun praktikum tersaji dalam Tabel 1.

$$\text{Persentase nilai kelayakan} = \frac{\text{Skor yang diperoleh}}{\text{Skor maksimal}} \times 100\% \dots\dots\dots (\text{Pers. 1})$$

Tabel 1. Skor Persentase Penilaian Kelayakan Penuntun Praktikum

No	Tingkat Persentase (%)	Kriteria
1	81 – 100	Sangat Layak
2	61 – 80	Layak
3	41 – 60	Cukup Layak
4	21 – 40	Tidak Layak
5	0 – 20	Sangat Tidak Layak

HASIL

Analisis

Kegiatan utama pada tahap ini adalah melakukan analisis terhadap Silabus dan juga standar isi meliputi Kompetensi Inti (KI) dan Kompetensi Dasar (KD) sebagai bahan acuan untuk dapat mengembangkan penuntun praktikum. Hasil analisis Silabus, KI dan KD menjadi gambaran pencapaian kompetensi yang minimal harus dicapai peserta didik selama proses belajar mengajar serta sebagai gambaran topik-topik apa saja yang dapat dirancang untuk dilakukan pada praktikum kelas XI SMA. Selanjutnya dilakukan analisis penuntun praktikum yang beredar di sekolah untuk mengetahui karakteristik, materi maupun isi dalam penuntun yang sering digunakan guru untuk melakukan praktikum.

1) Analisis Silabus, KI dan KD

Pada tahap ini, dilakukan analisis silabus, KI dan KD. Isi pada penuntun praktikum kimia yang beredar dan digunakan di sekolah melakukan praktikum yang menggunakan bahan-bahan kimia berbahaya bahkan beberapa praktikum hanya boleh dilakukan oleh guru sehingga kurangnya peran peserta didik dalam praktikum. Sehingga beberapa poin dari KI dan KD tidak tercapai. Melihat dari beberapa permasalahan diatas maka perlu dikembangkan buku penuntun praktikum yang aman dan dapat dipraktikkan langsung oleh peserta didik.

2) Analisis Kebutuhan

Berdasarkan analisis kebutuhan peserta didik diketahui bahwa peserta didik membutuhkan praktikum yang aman bagi praktikan (guru dan peserta didik) juga aman bagi lingkungan. Karena banyaknya praktikum yang menggunakan bahan kimia berbahaya maka perlu dikembangkan buku penuntun praktikum berbasis *Green Chemistry* agar praktikan dapat memahami konsep dan melakukan praktikum yang lebih aman.

3) Analisis Buku Penuntun Praktikum

Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap buku penuntun praktikum kimia yang beredar di sekolah, terdapat beberapa hal yang perlu perbaikan yang dapat dilakukan dalam pengembangan buku penuntun praktikum pada aspek kelayakan isi, aspek kelayakan bahasa, aspek kelayakan penyajian dan aspek kelayakan grafik yang dapat dilihat pada Tabel 2, buku praktikum kelas XI yang beredar di sekolah layak digunakan oleh peserta didik sesuai BSNP, namun ada beberapa perbaikan seperti membuat eksperimen yang aman bagi peserta didik dan ramah lingkungan.

Tabel 2. Analisis Buku Penuntun Praktikum

No	Komponen yang dinilai	Perbaikan
1	Aspek Kelayakan Isi	1. Tidak ada KI dan KD 2. Percobaan praktikum belum aman untuk dilakukan oleh praktikan (guru dan siswa) 3. Kurangnya penerapan praktikum dalam kehidupan sehari-hari
2	Aspek Kelayakan Bahasa	Penambahan ilustrasi gambar
3	Aspek Kelayakan Penyajian	1. Mendesain buku penuntun praktikum yang lebih inovatif dan menarik 2. Penambahan beberapa pendukung penyajian seperti penanganan limbah praktikum dan <i>Green Chemistry</i> 3. Tidak ada video demonstrasi
4	Aspek Kelayakan Grafik	Membuat struktur buku penuntun lebih menarik untuk dipelajari

Perancangan

Setelah dilakukan analisis pada beberapa buku penuntun praktikum kimia yang beredar di sekolah ditemukan bahwa penuntun praktikum kimia yang beredar tidak memuat KI dan KD, praktikum yang digunakan kurang aman praktikan dan lingkungan dan kurang aman bahan praktikum yang digunakan sehingga kecelakaan saat praktikum masih sering terjadi.

Peneliti merancang penuntun praktikum kimia untuk kelas XI SMA semester ganjil yaitu dengan menyusun kerangka penuntun praktikum yang dikembangkan, menentukan sistematika pengembangan penuntun praktikum dan merancang alat evaluasi yang digunakan dalam penuntun praktikum. Penerapan konsep *Green Chemistry* ditambahkan pada pengembangan buku praktikum ini. Ada 5 penerapan konsep *Green Chemistry* yang digunakan yaitu : pencegahan; bahan kimia yang kurang berbahaya sintesis, mendesain lebih aman bahan kimia; lebih aman pelarut dan pembantu dan kimia yang secara inheren lebih aman untuk pencegahan kecelakaan.

Tahap selanjutnya adalah menentukan kerangka dasar dalam penulisan buku praktikum kimia yang diawali dengan perancangan sampul dan komponen isi buku praktikum kimia yang terdiri dari 3 bagian yaitu pendahuluan, inti dan penutup. Bagian pendahuluan berisi sampul depan, kata pengantar, daftar isi, tata tertib praktikum, keselamatan kerja di laboratorium, simbol peringatan pada laboratorium, penanganan limbah praktikum, tata cara penulisan jurnal, kriteria penilaian dan tabel periodik unsur. Bagian inti berisi sampul depan Bab, *Green Chemistry*, dan percobaan. Bagian penutup berisi daftar pustaka.

Buku praktikum kimia berbasis *Green Chemistry* ini dibuat dengan menggunakan *canva online*. *Canva online* dipilih karena banyaknya animasi dan pilihan template yang beragam. Penambahan *Green Chemistry*, KI dan KD terdapat pada bagian inti dapat dilihat pada gambar 1. Peringatan keselamatan kerja di laboratorium terdapat pada bagian inti dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 1. Penambahan *Green Chemistry*, KI dan KD



Gambar 2. Peringatan Keselamatan Kerja

Materi praktikum kimia yang dirancang disesuaikan dengan prinsip *Green Chemistry* untuk diintegrasikan dalam buku praktikum. Materi yang dikembangkan dalam buku praktikum sesuai dengan silabus kurikulum 2013 memuat 9 Kompetensi Dasar yang terbagi dalam empat mata pelajaran yaitu Hidrokarbon, Termokimia, Laju Reaksi dan Kesetimbangan Kimia.

Proses penulisan buku penuntun praktikum kimia ini juga mengalami perbaikan dari validator. Perbaikan saran yang diberikan oleh validator berupa saran perbaikan *cover*, *background*, materi, gambar ilustrasi, bahan-bahan praktikum yang digunakan dan soal evaluasi. Perbaikan yang disarankan oleh validator dapat dilihat pada gambar 3.



(a)

(b)

Gambar 3. Perbaikan Validator (a) Sebelum dan (b) Sesudah

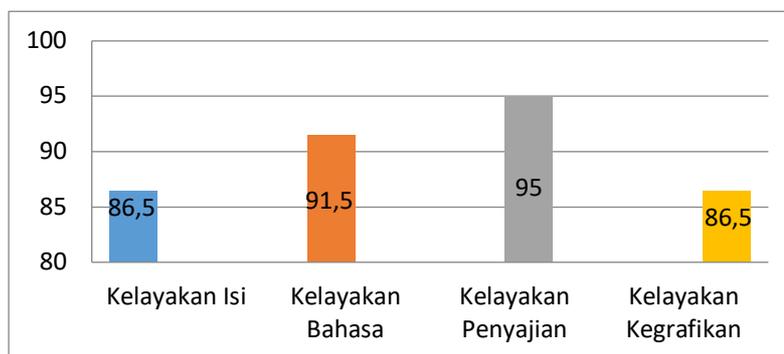
Pengembangan

Penuntun praktikum ini dikembangkan berdasarkan hasil analisis Silabus, KI, KD dan analisis penuntun praktikum yang beredar. Pengembangan buku penuntun praktikum dilakukan dengan menyesuaikan keselamatan kerja dengan memuat proseder praktikum dan kegunaan alat praktikum serta menyesuaikan tujuan praktikum dengan indikator yang ingin dicapai berdasarkan Silabus. Selanjutnya, dilanjutkan dengan mengembangkan penuntun praktikum berbasis *Green Chemistry*. Penuntun praktikum berbasis *Green Chemistry* divalidasi oleh 2 orang dosen validator ahli di Universitas Negeri Medan dan 2 orang guru kimia SMA Swasta Sultan Iskandar Muda Medan. Setelah dilakukan validasi, tahap evaluasi dilakukan dalam perbaikan pada penuntun praktikum berbasis *Green Chemistry*.

Tujuan dari penilaian media ini adalah untuk mengetahui kualitas produk sebelum digunakan pada peserta didik. Penilaian yang dilakukan oleh validator ahli dan guru kimia menggunakan instrumen berupa angket. Data dan saran yang diberikan digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk perbaikan penuntun praktikum berbasis *Green Chemistry* yang dikembangkan. Berikut ini adalah data hasil penilaian dari validator ahli dan guru kimia. Hasil validasi penuntun praktikum berbasis *Green Chemistry* yang telah dilakukan oleh validator dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 4.

Tabel 3. Hasil Validasi Penuntun Praktikum

No.	Aspek yang Dinilai	Komponen yang Dinilai	Rerata Per Komponen (%)	Rerata Per Aspek (%)	Interprestasi Per Komponen	Interprestasi Per Aspek
1.	Kelayakan Isi	Pengorganisaian Buku Penuntun Praktikum	87,5	86,5	Sangat Layak	Sangat Layak
		Cakupan Materi	79		Layak	
		Kebenaran Konsep	93,7		Sangat Layak	
		Muatan Isi Penuntun Praktikum	84,5		Sangat Layak	
		Inovasi penuntun Praktikum	87,5		Sangat Layak	
2.	Kelayakan Bahasa	Sesuai dengan Perkembangan Peserta Didik	84,5	91,5	Sangat Layak	Sangat Layak
		Aspek Kejelasan Kalimat dan Tingkat Keterbacaan	93,7		Sangat Layak	
		Aspek Penulisan	87,5		Sangat Layak	
		Aspek Penggunaan Bahasa, Istilah dan Simbol	100		Sangat Layak	
3.	Kelayakan Penyajian	Komponen Penuntun Praktikum	87,5	95	Sangat Layak	Sangat Layak
		Aspek Penyajian Penuntun Praktikum	100		Sangat Layak	
		Tingkat Kelayakan Praktikum	97		Sangat Layak	
		Evaluasi	95,7		Sangat Layak	
4.	Kelayakan Kegrafikan	Desain Kulit Buku	81,2	86,5	Sangat Layak	Sangat Layak
		Desain Isi Buku	91,7		Sangat Layak	
Jumlah Keseluruhan			359,5			
Rerata Keseluruhan			90			
Inteprestasi opada Media			Sangat Layak			



Gambar 4. Nilai Hasil Validasi Penuntun Praktikum

Berdasarkan Tabel 3 dan Gambar 4, hasil validasi penuntun praktikum kimia berbasis *Green Chemistry* yang dikembangkan berdasarkan BSNP pada aspek kelayakan isi 86,5% dengan kriteria sangat layak, aspek kelayakan bahasa 91,5% dengan kriteria sangat layak, aspek kelayakan penyajian 95% dengan kriteria sangat layak dan aspek kelayakan grafis 86,5% dengan kriteria sangat layak. Sehingga kelayakan penuntun praktikum kimia berbasis *Green Chemistry* yang telah dikembangkan memiliki rata-rata 90% dengan kriteria sangat layak.

Berdasarkan kriteria kevalidan maka dapat dikatakan pengembangan buku penuntun praktikum *Green Chemistry* yang dikembangkan valid tetapi lebih baik untuk melakukan perbaikan dengan saran dan masukan yang telah diberikan oleh validator agar buku penuntun praktikum *Green Chemistry* yang dikembangkan lebih baik.

Proses pengembangan penuntun praktikum, mengalami perubahan terhadap isi dari penuntun praktikum agar bisa menjadi produk yang baik dan benar. Perubahan tersebut dilakukan oleh 2 validator nilai berturut-turut adalah 89,2% dan 96,4% [7]. Penuntun praktikum kimia SMA berbasis bahan alam yang telah dirancang valid dan sesuai untuk digunakan siswa kelas XI SMA. Persentase skor validitas yang diperoleh adalah 72,3% dan persentase skor lokasi yang diperoleh adalah 72,7% [8]. Kemudian berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Jumasari, buku panduan praktikum kimia kelas XII yang digunakan di sekolah sudah sesuai dengan BSNP dan

layak digunakan namun perlu dikembangkan sesuai kurikulum 2013, mengingat panduan praktikum buku masih menggunakan kurikulum KTSP [9].

Ekin menjelaskan hasil analisis dari 3 buku panduan praktikum masih ditemukan beberapa kelemahan dan kekurangan, dilakukan pengembangan panduan praktikum berbasis proyek dan karakter standar sesuai kriteria BSNP, diharapkan pembelajaran dapat tumbuh karakter siswa yang inovatif, kreatif, afektif, produktif, kolaboratif, disiplin, dan berkontribusi terhadap peningkatan hasil belajar kimia siswa [10]. Penelitian yang telah dilakukan Manalu memaparkan buku panduan praktikum kimia yang dikembangkan berdasarkan penelitian kontekstual agar mahasiswa dapat dengan mudah melakukan kegiatan praktikum karena salah satu komponen pembelajaran kontekstual adalah konstruktivisme yang artinya membangun pengetahuannya sendiri. melalui pengalaman sehari-hari [11]. Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa buku tersebut dapat dikembangkan dengan model ADDIE. Kriteria kelayakan ditemukan sebesar 93,29% dengan kriteria sangat baik [12].

SIMPULAN

Penuntun praktikum berbasis *Green Chemistry* divalidasi oleh 2 orang dosen validator ahli di Universitas Negeri Medan dan 2 orang guru kimia SMA Swasta Sultan Iskandar Muda Medan. Hasil pengembangan penuntun praktikum kimia berbasis *Green Chemistry* diperoleh aspek kelayakan isi 86,5%, aspek kelayakan bahasa 91,5%, aspek kelayakan penyajian 95% dan aspek kelayakan kegrafik 86,5%. Sehingga rata-rata kelayakannya sebesar 90% dengan kriteria sangat layak.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Depdiknas, *Sistem Pendidikan Nasional*. Jakarta, 2003.
- [2] Trianto, *Model Pembelajaran Terpadu Konsep, Strategi dan Implementasi dalam KTSP*. Jakarta: Bumi Aksara, 2010.
- [3] E., Demirdag, B., Burak, F., Alev, A., dan Iker, C., Altun, "Developing an interactive virtual chemistry laboratory enriched with constructivist learning activities for secondary school," *Procedia Social and Behavior Science*, vol. 1, no. 1, 2009.
- [4] I, S., Darmana, A dan Sutiani, A., Jahro, "Improving Students Science Process and Critical Thinking Skills Using Semi-Research Patterns Practicum," *JTK: Jurnal Tadris Kimiya*, vol. 6, no. 1, 2021.
- [5] P. T., & Warner, J. C., Anastas, *Principles of Green Chemistry. Green Chemistry: Theory and Practice*. New York : Oxford University Press, 1998.
- [6] L, M., Merta, "Model Pembelajaran Penemuan Menggunakan Praktikum Kimia Hijau Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa," *Journal For Lesson And Learning Studies*, vol. 3, p. 3, 2020.
- [7] A. W., Rumampuk, R., dan Aloanis, A. Tahulending, "Pengembangan Penuntun Praktikum Reaksi Reduksi dan," *Oxygenius*, vol. 1, no. 2, 2019.
- [8] M., Mauliza, M., dan Nurhafidhah, N. Mastura, "Desain Penuntun Praktikum Kimia Berbasis Bahan Alam," *Jurnal IPA & Pembelajaran IPA*, vol. 1, no. 2, 2017.
- [9] J., Sari, N., Pane, S. A., dan Nuraini, N. Harahap, "Analisis Kelayakan Penuntun Praktikum Kimia Kelas XII Semester II Berbasis BSNP Sesuai Kurikulum 2013," *Talenta Conference Series: Science and Technology*, vol. 2, no. 1, 2019.
- [10] E. D. A., Nurfajriani dan Silaban, R. Kurniawan, "Development of Guided Inquiry Green Chemistry Practicum Guides," , vol. 4, Medan, 2019.
- [11] E., Silaban, S., Silaban, R. dan Hutabarat, W. Manalu, "The Development of Chemical Practice Guidebook Colloid System-Based Integrated Contextual Character Values," *Jurnal Pendidikan Kimia*, vol. 8, no. 2, 2016.
- [12] S. A. dan Harahap, N. F. A Sari, "Development of Comic-Based Learning on Reaction Rate for Learning to be More Interesting and Improving," *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, vol. 9, no. 1, 2021.

PENGEMBANGAN BIOETANOL GENERASI KEDUA DI INDONESIA: TANTANGAN DAN HARAPAN

Jasman

Program Studi Pendidikan Kimia FKIP Universitas Nusa Cendana

Jl. Adisucipto, Kupang

ABSTRAK

Bioethanol telah digunakan sebagai bahan bakar alternatif di berbagai negara sebagai sumber energi terbarukan (renewable energy) yang ramah lingkungan. Bioethanol adalah etil alcohol yang dihasilkan dari fermentasi bahan hayati yang mengandung karbohidrat, baik monosakarida maupun polisakarida. Produksi bioethanol dari bahan dengan kandungan monosakarida dan polisakarida dalam bentuk pati (bioethanol generasi pertama) dapat dilakukan dengan mudah tetapi hal ini dapat mengancam ketersediaan bahan pangan bagi umat manusia karena bahan yang digunakan merupakan bahan makanan bagi manusia. Pada sisi yang lain produksi bioethanol dari polisakarida dalam bentuk selulosa (bioethanol generasi kedua) memiliki potensi yang besar karena bahan bakunya melimpah, murah, dan tidak digunakan sebagai bahan makanan bagi manusia. Akan tetapi proses produksi bioethanol generasi kedua ini menghadapi tantangan yang berat berupa hadirnya senyawa lignin yang berkombinasi sedemikian dengan selulosa dan hemiselulosa (lignoselulosa) yang sulit diuraikan sehingga proses konversi selulosa maupun hemiselulosa menjadi etanol terhambat. Teknologi untuk mengatasi hambatan ini telah muncul dalam berbagai teknik *pretreatment*, namun masih memerlukan biaya yang cukup besar. Ada harapan baru untuk mengatasi kendala ini yaitu dengan ditemukannya enzim-enzim misalnya *laccase* dari beberapa jenis jamur misalnya jamur akar putih yang mampu mengurai lignin yang terdapat dalam bahan baku lignoselulosa. Upaya pengembangan teknologi *pretreatment* berbasis enzim pendegradasi lignin ini dapat menjadi satu peluang yang dapat dikaji untuk produksi bioethanol generasi kedua dengan ongkos yang terjangkau.

Kata kunci : bioethanol generasi kedua, energi terbarukan, lignoselulosa, *pretreatment*, enzim pendegradasi lignin.

ABSTRACT

Bioethanol has been used as an alternative fuel in various countries as an environmentally friendly source of renewable energy. Bioethanol is ethyl alcohol produced from the fermentation of biological materials containing carbohydrates, both monosaccharides and polysaccharides. The production of bioethanol from materials containing monosaccharides and polysaccharides in the form of starch (first generation bioethanol) can be done easily but this can threaten the availability of food for mankind because the materials used are food ingredients for humans. On the other hand, the production of bioethanol from polysaccharides in the form of cellulose (second generation bioethanol) has great potential because the raw material is abundant, cheap, and not used as food for humans. However, the second generation bioethanol production process faces a formidable challenge in the form of the presence of lignin compounds which combine in such a way with cellulose and hemicellulose (lignocellulose) which are difficult to decompose so that the conversion process of cellulose and hemicellulose into ethanol is hampered. Technology to overcome this obstacle has emerged in various pretreatment techniques, but still requires a large amount of money. There is a new hope for overcoming this obstacle, namely the discovery of enzymes such as laccase

from several types of fungi such as white root fungi which are able to break down lignin contained in lignocellulosic raw materials. Efforts to develop pretreatment technology based on lignin degrading enzymes can be an opportunity that can be studied for the production of second generation bioethanol at an affordable cost.

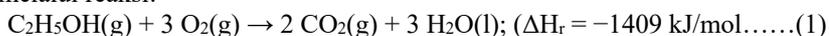
Keyword: *second generation bioethanol, renewable energy, lignocellulosic, pretreatment, lignin degrading enzymes.*

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan sumber energi dari waktu ke waktu makin meningkat seiring dengan penambahan populasi manusia, perkembangan ekonomi, industry, dan transportasi. Sebagai contoh, konsumsi bahan bakar minyak di Indonesia pada tahun 2010 adalah 62.187.080,37 kilo liter meningkat menjadi 70.744.977,00 kilo liter pada tahun 2014 [1]. Konsumsi energi final tahun 2020 (tanpa biomasa) sebesar 118,3 juta TOE sedangkan pada tahun 2018, baru mencapai 114 juta TOE [2]. Khusus untuk Indonesia, seiring dengan bertambahnya kebutuhan energi, sumber energi fosil yang selama bertahun-tahun diandalkan justru makin berkurang, bahkan saat ini Indonesia sudah menjadi negara pengimpor sumber energi fosil tersebut dalam bentuk minyak. Berdasarkan pantauan Tim Riset CNBC Indonesia, negara Indonesia ternyata sudah menjadi net importir hasil minyak (termasuk Bahan Bakar Minyak /BBM) sejak tahun 1997. Pada periode tersebut, untuk pertama kalinya volume impor hasil minyak Indonesia sebesar 11,75 juta ton (setara 94,33 juta barel minyak), melampaui volume ekspornya sebesar 10,22 juta ton (setara 82,07 juta barel minyak) [3].

Urgensi penggunaan bioethanol sebagai salah satu jenis bahan bakar bukan hanya karena berkurangnya sumber energi fosil, tetapi juga karena bioethanol merupakan bahan bakar yang ramah lingkungan (rendah emisi). Sebagaimana kita ketahui bahwa saat ini telah terjadi perubahan iklim yang mengancam ekosistem kita di bumi ini. Salah satu faktor yang diduga keras menjadi penyebabnya adalah tingginya gas rumah kaca di atmosfer yang disebabkan oleh emisi akibat penggunaan energi fosil sebagai bahan bakar [4].

Selama pembakaran, etanol bereaksi dengan oksigen menghasilkan karbondioksida, air, dan panas melalui reaksi:



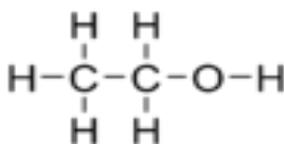
Panas yang dihasilkan dari pembakaran etanol digunakan untuk menggerakkan piston di dalam mesin melalui ekspansi gas panas [5].

Bahan baku untuk pembuatan bioethanol dapat dikelompokkan menjadi: (1) bahan yang mengandung gula sederhana (monosakarida dan disakarida) misalnya nira tebu dan nira sorgum manis (*sweet sorghum*); (2) bahan yang mengandung pati (*starchy material*) misalnya singkong dan jagung; (3) bahan yang mengandung serat atau selulosa dan lignin (*lignocellulosa*) seperti jerami padi, serpihan kayu, dan rumput-rumputan [6].

Bioethanol dapat dihasilkan dari fermentasi gula atau bahan lignocellulosa setelah konversi ke mono atau disakarida, banyak bentuk gula dapat diekstraksi dari tanaman dengan pretreatment yang berbeda seperti perlakuan termal, perlakuan kimia, dan proses iradiasi [7]. Dari sudut pandang ekonomi penggunaan residu lignocellulosa dari tanaman atau produk makanan sebagai bahan baku memiliki lebih banyak keunggulan dibandingkan dengan gula atau pati, jumlah gula atau pati yang tinggi dalam jagung dan tebu dapat dengan mudah difermentasi menjadi bioethanol [8]. Akan tetapi, konversi bahan lignocellulosa menjadi biofuel membutuhkan lebih banyak pra-perawatan sebelum dicerna karena metode pretreatment memiliki dampak yang signifikan pada produksi yang efektif dari etanol dari biomassa, bagaimanapun, penelitian intensif masih diperlukan untuk mengembangkan yang baru dan lebih efisien proses pengolahan untuk mengubah biomassa lignocellulosa menjadi etanol [9].

2. Bioethanol sebagai sumber energi baru terbarukan

Etanol adalah senyawa golongan alkohol dengan rumus kimia C_2H_5OH dan rumus strukturnya dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Rumus struktur etanol [5]

Residu etanol yang ditemukan pada peninggalan keramik yang berumur 9000 tahun dari Cina bagian utara menunjukkan bahwa minuman beralkohol telah digunakan manusia prasejarah dari masa neolitik (Roach, 2005). Etanol absolut mempunyai massa molar $46,07 \text{ g.mol}^{-1}$, kerapatan $0,789 \text{ g.ml}^{-1}$, dan titik didih $78,4^{\circ}\text{C}$. Etanol merupakan senyawa organik yang berwujud cair pada suhu kamar, jernih, tak berwarna, beraroma khas, mudah menguap dan mudah terbakar. Etanol dapat ditemukan pada banyak produk makanan dan minuman seperti tape, brem, wine, anggur, dan lain-lain. Selain pada produk makanan dan minuman, etanol banyak digunakan sebagai pelarut, germisida, zat anti beku, bahan bakar, dan bahan baku pada pembuatan berbagai senyawa kimia lainnya [5].

Bioetanol banyak digunakan di sektor transportasi sebagai penyusun campuran dengan bensin atau sebagai penambah oktan (etil .) tersier butil eter (ETBE), terdiri dari 45% per volume bioetanol dan 55% per volume isobutilena). Banyak negara menggunakan ETBE sebagai pengganti metil tersier butil eter (MTBE), yang berfungsi untuk meningkatkan angka oktan, tetapi dilarang di AS dan Kanada karena emisi kanker. Bioetanol dicampur dengan bensin pada fraksi volume 5, 10 dan 85 % (nama bahan bakar E5-E85). Sebanyak 85 % bioetanol volume hanya dapat digunakan pada kendaraan berbahan bakar fleksibel (FFV), sedangkan campuran 5 dan 10 % volume dapat digunakan tanpa modifikasi mesin. Namun, masalah yang terkait dengan penggunaan bioetanol adalah: efek korosif pada injektor bahan bakar dan pompa bahan bakar listrik (bioetanol bersifat higroskopis), masalah startup mesin dalam kondisi cuaca dingin (etanol murni sulit menguap) dan efek tribologis pada sifat pelumas dan performa mesin. Bioetanol di dalam pelumas berkurang secara signifikan [10].

Bio-etanol adalah etil alkohol, alkohol biji-bijian, atau secara kimia $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ atau EtOH . Campuran bio-etanol dan bio-etanol/bensin memiliki sejarah panjang sebagai bahan bakar transportasi alternatif. Sudah digunakan di Jerman dan Prancis pada awal tahun 1894 pada saat itu industri mesin pembakaran internal. Brazil telah memanfaatkan bioetanol sebagai bahan bakar transportasi sejak tahun 1925 bio-etanol untuk bahan bakar tersebar luas di Eropa dan Amerika Serikat sampai awal 1900-an. Karena menjadi lebih mahal untuk menghasilkan dari bahan bakar berbasis minyak bumi, terutama setelah Dunia Perang II, potensi bio-etanol sebagian besar diabaikan sampai krisis minyak tahun 1970-an. Sejak tahun 1980-an, telah terjadi peningkatan minat penggunaan bioetanol sebagai transportasi alternatif bahan bakar. Negara-negara termasuk Brasil dan Amerika Serikat telah lama mempromosikan produksi bio-etanol dalam negeri. Selain alasan energi, campuran bio-etanol/bensin di Amerika Serikat dipromosikan sebagai praktik berbasis lingkungan, awalnya sebagai penambah oktan untuk menggantikan timbal. Bio-etanol juga memiliki nilai sebagai mengoksigenasi dalam bensin yang terbakar bersih untuk mengurangi knalpot kendaraan emisi [6].

Bio-etanol memiliki angka oktan yang lebih tinggi (108) dibanding bensin (88), batas mudah terbakar yang lebih luas, kecepatan nyala yang lebih tinggi dan panas penguapan yang lebih tinggi. Properti ini memungkinkan rasio kompresi yang lebih tinggi dan lebih pendek membakar waktu, yang mengarah pada keuntungan efisiensi teoritis dibandingkan bensin dalam mesin IC. Bilangan oktan adalah ukuran kualitas bensin untuk pencegahan pengapian dini, yang mengarah untuk ketukan silinder. Bahan bakar dengan angka oktan yang lebih tinggi adalah lebih disukai pada mesin pembakaran dalam dengan penyalan percikan. Bahan bakar oksigenat seperti bio-etanol memberikan nilai antiknock yang masuk akal [6].

Kekurangan bio-etanol termasuk kepadatan energinya yang lebih rendah dari bensin (bio-etanol memiliki 66% energi yang bensin memiliki), korosifnya, luminositas api rendah, tekanan uap lebih rendah (membuat awal dingin menjadi sulit), dapat bercampur dengan air, toksisitas terhadap ekosistem [11], peningkatan emisi gas buang asetaldehida dan peningkatan tekanan uap (dan emisi evaporatif) Ketika pencampuran dengan bensin. Beberapa sifat bahan bakar alkohol ditampilkan pada Tabel 1.

Bio-etanol dapat digunakan dalam berbagai metode sebagai transportasi bahan bakar. Bisa langsung digunakan sebagai bahan bakar transportasi atau bisa juga dicampur dengan bensin. Bio-etanol dapat dicampur dengan bensin itu menggantikan dan dapat dibakar di mesin pembakaran tradisional tanpa modifikasi yang diperlukan. Bio-etanol paling banyak umumnya dicampur dengan bensin dalam konsentrasi 10% bio-etanol hingga 90% bensin, yang dikenal sebagai E10 dan dijuluki "gasohol". Di Brasil, bahan bakar bio-etanol digunakan murni atau dicampur dengan bensin dalam campuran yang disebut gasohol (24% bio-etanol dan 76% bensin) [6]. Bio-etanol dapat digunakan sebagai campuran 5% dengan bensin di bawah UE standar kualitas EN 228. Campuran ini tidak memerlukan modifikasi mesin dan dilindungi oleh garansi kendaraan. Dengan modifikasi mesin, bioetanol dapat digunakan pada tingkat yang lebih tinggi, misalnya E85 (85% bio-etanol) [6]. Bio-etanol adalah bahan bakar beroksigen yang mengandung 35% oksigen, yang mengurangi emisi partikulat dan nitrogen oksida (NO_x) dari pembakaran. Menggunakan bahan bakar campuran bio-etanol untuk mobil dapat secara signifikan mengurangi penggunaan minyak bumi dan membuang rumah kaca emisi gas. Menambahkan bio-etanol ke bensin meningkatkan kandungan oksigen bahan bakar, meningkatkan pembakaran bensin dan mengurangi emisi gas buang yang biasanya disebabkan oleh pembakaran yang tidak sempurna pada kendaraan bermotor, seperti CO dan yang tidak terbakar hidrokarbon [6].

3. Potensi bahan baku bioethanol generasi kedua di Indonesia

Umumnya, bioethanol generasi kedua dan selanjutnya dari biofuel termasuk bioetanol tidak bersaing dengan pasokan makanan karena mereka didasarkan pada bahan baku non-makanan [10]. Bioetanol generasi kedua biasanya dihasilkan dari biomassa lignoselulosa, tetapi juga dimungkinkan untuk menggunakan produk sampingan industri, seperti sebagai whey atau gliserol mentah, sebagai bahan baku. biomassa tersebut adalah biasanya relatif murah serta tersedia secara lokal. Lignoselulosa dianggap sebagai sumber karbon terbarukan dan berkelanjutan, dan terdapat di banyak bahan baku tanaman. Jumlah biomassa lignoselulosa yang tersedia tergantung pada: kondisi iklim. Konversi lignoselulosa menjadi gula pereduksi lebih sulit daripada konversi pati. Berbagai jenis biomassa tanaman telah dipertimbangkan oleh para peneliti untuk digunakan dalam produksi biofuel (Gambar. 1). Ini termasuk tanaman energi khusus yang tumbuh di tanah berkualitas rendah (mis. tanaman herba dan rumput abadi seperti *Miscanthus sinensis* dan *M. giganteus* atau switchgrass. Limbah pertanian, seperti jerami sereal, jerami gandum, tongkol jagung, sekam padi dan ampas tebu dari pengolahan tebu juga telah diteliti sebagai sumber potensial biomassa lignoselulosa [10]. Penelitian lain berfokus pada limbah kayu berbasis hutan dan biomassa hutan (kulit kayu, serbuk gergaji, hiasan kayu lunak (pinus) dan serpihan kayu keras (ek), atau limbah dari taman dan kebun (dedaunan, rerumputan, ranting kayu[10]. Limbah industri, seperti pengeluaran bir biji-bijian dan biji-bijian bekas dari penyulingan, dan kotamadya limbah padat seperti sisa makanan, kertas kraft dan lumpur kertas mengandung selulosa juga telah dipertimbangkan [10].

Untuk konteks Indonesia, bahan baku bioethanol generasi kedua yang melimpah meliputi: jerami padi, tongkol jagung, limbah kayu, tandan kosong kelapa sawit, sekam padi, dan ampas tebu. Produksi padi pada tahun 2022 sebesar 55 670 219,00 ton gabah kering giling (GKG) [12]. Jika 1 ton GKG menghasilkan limbah Jerami rata-rata sebanyak 1,5 ton [12] maka pada produksi Jerami tahun ini mencapai kurang lebih 83,505,328.5 ton. Kandungan karbohidrat dalam jerami padi sebesar 32% [13] maka total karbohidrat dari limbah jerami padi mencapai 26,721,705.12 ton. Konversi sempurna karbohidrat (dalam bentuk lignoselulosa) menjadi etanol sebesar 50% (Saha and Cotta, 2012) maka dapat menghasilkan bioethanol murni sebanyak 13,360,852.56 ton.

Potensi bahan baku yang lain misalnya tongkol jagung, berdasarkan statistik produksi tanaman pangan Indonesia tahun 2010-2014, produksi jagung rata-rata 18.483.727 ton/tahun [14]. Limbah tongkol jagung diperkirakan sebesar 30% dari produksi jagung, sehingga jumlah tongkol jagung yang dihasilkan berdasarkan data di atas adalah 5,545,118.1 ton per tahun. Faktor konversi tongkol jagung ke bioethanol rata-rata sebesar 6,5% [15] maka angka tersebut setara dengan 360432,7 ton bioethanol per tahun.

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dihasilkan sebanyak rata-rata 6663956 ton per tahun [16] hanya dari propinsi Riau. Sementara itu daerah-daerah yang menghasilkan kelapa sawit di Indonesia cukup banyak (Tabel 1) [17]. Kandungan lignoselulosa di dalam TKKS berkisar antara 30% sampai 40% sehingga dengan factor konversi 50%, TKKS dari Riau saja dapat menghasilkan rata-rata 1166192,3 ton bioethanol per tahun.

Tabel 1. Produksi kelapa sawit menurut propinsi di Indonesia antara tahun 2017-2021

No.	Provinsi/Province					
		2017	2018	2019	2020 ^(*)	2021 ^(**)
1	Aceh	911.697	1.037.402	1.133.347	1.134.606	1.167.337
2	Sumatera Utara	5.119.497	5.737.271	5.647.313	5.776.781	5.928.612
3	Sumatera Barat	1.302.952	1.248.269	1.253.394	1.312.253	1.350.125
4	Riau	8.113.852	8.496.029	9.513.208	9.984.315	10.270.149
6	Jambi	1.849.969	2.691.270	2.884.406	3.022.565	3.109.205
7	Sumatera Selatan	3.199.481	3.793.622	4.049.156	4.267.023	4.388.731
8	Kepulauan Bangka Belitung	853.648	900.318	815.667	843.047	868.462
9	Bengkulu	893.322	1.047.729	1.032.056	1.063.404	1.093.456
10	Lampung	486.714	487.203	414.206	384.948	395.967
20	Kalimantan Barat	2.784.180	3.086.889	5.235.299	5.471.407	5.635.683
21	Kalimantan Tengah	5.778.611	7.230.094	7.664.841	7.685.770	7.920.462
22	Kalimantan Selatan	1.933.721	1.464.226	1.665.397	1.561.147	1.608.256
23	Kalimantan Timur	2.840.710	3.786.477	3.988.883	3.823.221	3.939.049

Produksi kayu Indonesia pada tahun 2020 adalah 258 435 m³ (kayu gergajian dan 3862923 m³ kayu lapis [18]. Limbah kayu pada industry penggergajian berkisar antara 20 – 32% dari total kayu yang ada (Aditya dkk., 2019). Sementara itu, kandungan lignoselulosa dalam limbah kayu adalah: fraksi polisakarida: selulosa (35–55 %), hemiselulosa (20–35 %) dan lignin (15–36 %) [19].

Selain bahan-bahan yang diuraikan di atas, masih banyak jenis biomassa lain yang potensial sebagai bahan baku bioethanol generasi kedua, misalnya rumput-rumputan, dedaunan, kertas bekas, dan ranting-ranting pohon. Indonesia sebagai negara besar dengan iklim tropis yang kaya dengan berbagai jenis tumbuhan, tentunya memiliki potensi yang sangat besar dalam hal ketersediaan bahan baku tersebut.

4. Tantangan dalam produksi bioethanol generasi kedua

Meskipun bahan baku bioethanol generasi kedua sangat berlimpah dan tentunya murah, tidak berarti begitu mudah mendapatkan keuntungan dari bahan tersebut. Hal ini terjadi karena ternyata konversi karbohidrat di dalam bahan baku lignoselulosa menjadi etanol melalui proses fermentasi tidak mudah dilakukan. Kesulitan itu pertama berkaitan dengan struktur molekul lignoselulosa. Material lignoselulosa terdiri atas tiga komponen utama senyawa yang berbeda, yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Ketiga senyawa tersebut saling berkelindan dalam sebuah struktur yang rumit dan sulit diurai. Strukturnya dapat dilihat pada Gambar 1.

Selulosa adalah rantai linier dari ratusan hingga 10 ribu molekul D-glukosa yang terikat bersama oleh ikatan glikosidik, biomassa lignoselulosa terdiri dari bentuk kristal dan amorf selulosa, bundel paralel dikelilingi oleh rantai selulosa oleh ikatan hidrogen yang kuat antara kristal bentuk. Hemiselulosa adalah polimer karbohidrat alami paling melimpah kedua di bumi, sebuah kompleks struktur karbohidrat, meliputi xilan, xyloglucan. Hemiselulosa dengan struktur bercabang, amorf, dan ketahanan terhadap hidrolisis lemah tetapi terurai dengan asam menjadi molekul kecil. Lignin, adalah biopolimer ketiga yang ditemukan di alam, terdiri dari fenil propana (p-coumaryl alcohol, koniferil alkohol, dan sinapil alkohol) yang dihubungkan dengan ikatan ester yang membentuk struktur kompleks dengan hemiselulosa untuk membungkus selulosa dan hemiselulosa. Hal ini memungkinkannya untuk menahan hidrolisis dan enzim serta sifat biologisnya yang berfungsi untuk melindungi dinding sel. Biomassa yang kaya akan lignin lebih tahan terhadap degradasi selulosa hemiselulosa untuk diubah menjadi glukosa, Selain itu, selama dekomposisi lignoselulosa mungkin disertai dengan terbentuknya senyawa furan yang dapat menyebabkan terhambatnya proses fermentasi atau pencernaan [20]. Adanya sifat-sifat seperti yang diuraikan di atas pada ketiga senyawa penyusun lignoselulosa, menyebabkan material lignoselulosa sulit didegradasi dan dihidrolisis menjadi monomer-monomernya yang siap difermentasi menjadi alkohol.

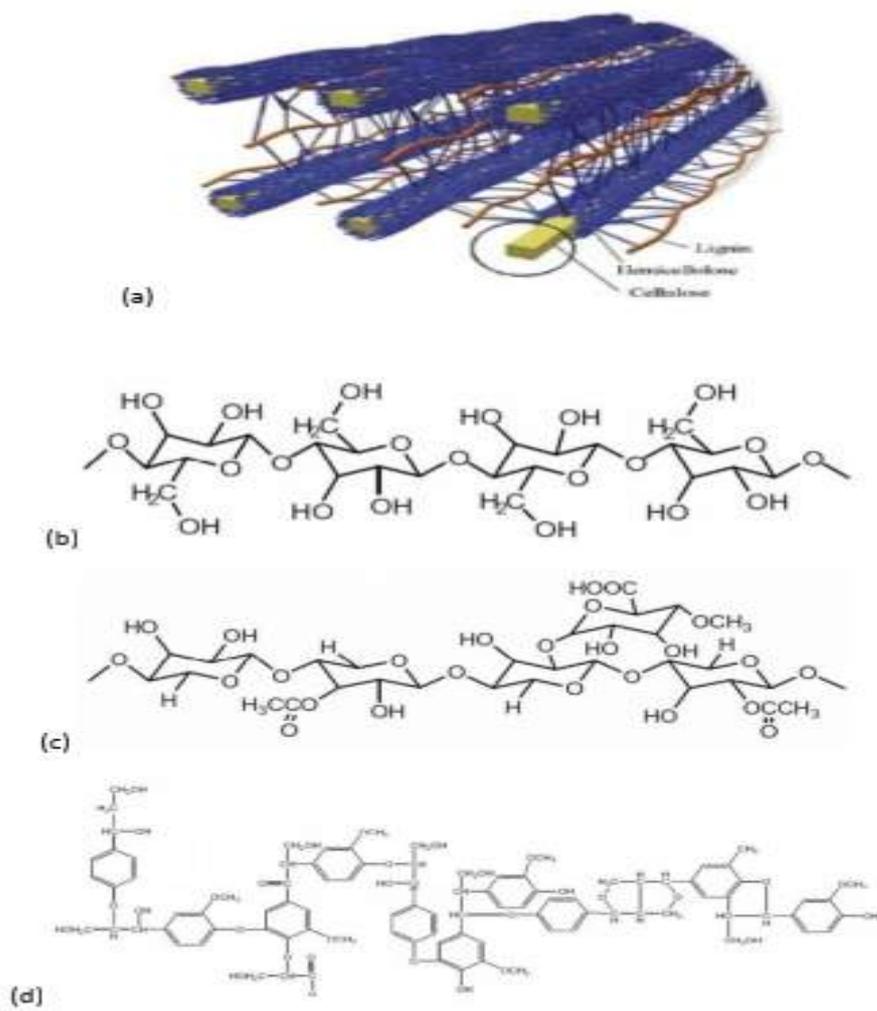
5. Teknologi pretreatment lignoselulase sebagai harapan melewati tantangan

Saat ini sudah banyak teknologi yang dikembangkan untuk mengatasi tantangan di atas, yang dikenal sebagai teknologi *pretreatment*. Secara umum, teknik *pretreatment* dibagi menjadi teknik fisika, teknik kimia, Teknik fisika-kimia, dan teknik biologi seperti tampak dalam diagram pada Gambar 2. Masing-masing teknik memiliki kelebihan dan kekurangan, sehingga dalam penerapannya lebih baik bila dikombinasikan antara satu dengan yang lain sesuai dengan kondisi bahan baku yang akan diolah dan ketersediaan fasilitas pendukung.

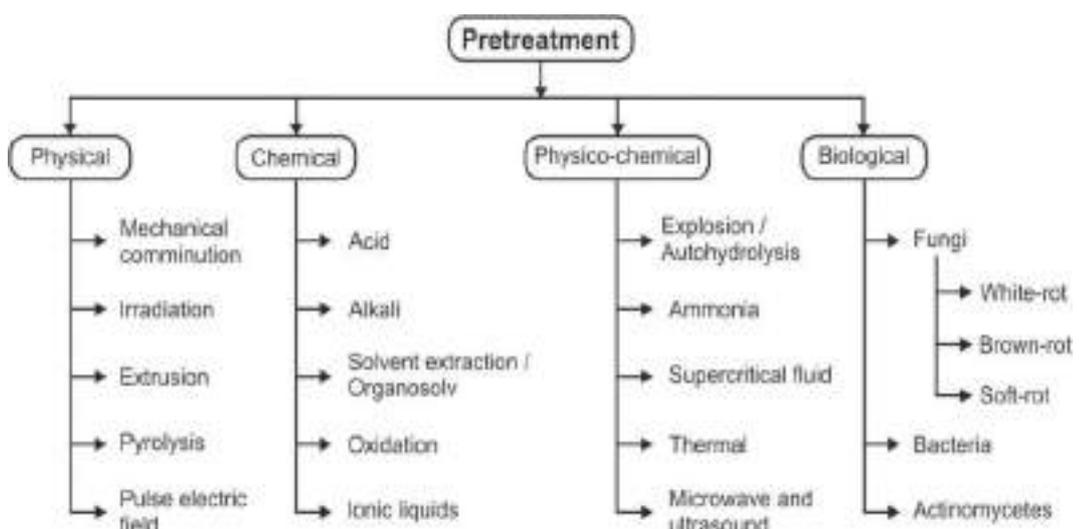
Pretreatment membuat selulosa dan hemiselulosa lebih mudah tersedia untuk enzim hidrolitik, seperti selulase dan hemiselulase, yang menghasilkan gula sederhana. Namun, penggunaan teknologi yang kompleks pada tahap *pretreatment* meningkatkan biaya produksi etanol. *Pretreatment* mengurangi kristalinitas selulosa, yang mengarah ke selulosa amorf, menghilangkan atau mendegradasi lignin (delignifikasi) dan menyebabkan hidrolisis total atau parsial hemiselulosa. Tujuan *pretreatment* adalah: (i) produksi padatan yang sangat mudah dicerna yang meningkat hasil gula selama hidrolisis enzimatis, (ii) untuk menghindari hilangnya gula (terutama gula pentosa), termasuk yang berasal dari hemiselulosa melalui degradasi, (iii) untuk mengurangi pembentukan inhibitor yang dapat menghambat fermentasi lebih lanjut, (iv) pemulihan lignin untuk dimodifikasi menjadi produk sampingan yang berharga, dan (v) pengurangan pemanasan serta ongkos energi.

Pretreatment adalah bagian dari konversi biokimia lignoselulosa dan biasanya dibagi menjadi proses biologis, kimia dan fisik. Dua metode terakhir sering digunakan bersama-sama sebagai *pretreatment* fisikokimia. Metode *pretreatment* fisika, kimia dan fisikokimia didasarkan pada fraksinasi, solubilisasi, hidrolisis dan pemisahan elemen dinding sel. *Pretreatment* kimia meliputi yang menggunakan basa (*base pretreatment*), asam pekat dan encer (*acid pretreatment*), *pretreatment* dengan cairan ionik dan pengolahan dengan oksigen sebagai oksidator (oksidasi basah). Metode mekanis digunakan untuk mengurangi ukuran bahan mentah dan dianggap sebagai proses intensif energi. *Pretreatment* fisika mengurangi kristalinitas dinding sel dan ukuran partikel penggilingan atau penggilingan fisik [23]. *Pretreatment* fisikokimia dapat melibatkan ledakan uap (autohidrolisis), cair air panas (LHW), ledakan serat amonia (AFEX), ammonia recycle percolation (ARP) atau pemrosesan dengan superkritis karbon dioksida (CO₂) (cairan superkritis) [23]. Perlakuan biologis menggunakan mikroorganisme seperti jamur akar putih, coklat atau lunak untuk mendegradasi struktur biomassa. *Pretreatment* seperti ini, terutama dengan jamur pelapuk putih, memiliki efek meningkatkan efisiensi hidrolisis enzimatis. Dibandingkan dengan perlakuan presakarifikasi lainnya, metode biologis lebih ramah lingkungan, tidak menghasilkan produk beracun, tidak memerlukan daur ulang zat kimia dan hemat energi [24]. Delignifikasi menggunakan jamur pelapuk akar putih terjadi melalui pelepasan enzim lignolitik ekstraseluler, seperti peroksidase (EC 1.11.1.7) dan laccase (EC 1.10.3.2.), yang memecah struktur lignin [10].

Kunci utama dari kesulitan proses hidrolisis lignoselulosa menjadi gula yang siap dikonversi menjadi etanol terletak pada keberadaan lignin dalam material tersebut. Oleh karena itu penemuan metode *pretreatment* dengan menggunakan jamur yang menghasilkan enzim pendegradasi lignin tampaknya memberikan harapan yang besar untuk bisa memproduksi bioethanol generasi kedua dengan biaya yang lebih murah.



Gambar 1. (a) Struktur lignoselulosa [21]; (b) selulosa; (c) hemiselulosa dan (d) lignin [22]



Gambar 2. Skema teknologi *pretreatment* [20]

6. Penutup

Berkurangnya sumber serta masalah lingkungan yang ditimbulkan oleh energi fosil memaksa manusia untuk mencari energi baru terbarukan. Salah satu energi terbarukan yang potensia di Indonesia adalah bioethanol generasi kedua. Indonesia sebagai negara luas yang berlim tropis memiliki berbagai produk samping (limbah) tanaman yang melimpah dan potensial untuk dikonversi menjadi bioethanol generasi kedua. Sayangnya produksi bioethanol generasi kedua masih mengalami berbagai kesulitan terutama dalam hal hidrolisis lignoselulosa menjadi gula sederhana yang siap dikonversi menjadi bioethanol melalui proses fermentasi. Dengan ditemukannya agen yang mampu mendegradasi lignin di dalam lignoselulosa melalui proses yang ramah lingkungan dan murah maka ini memberikan harapan ke depan untuk menjadikan bioethanol generasi kedua sebagai salah satu sumber energi terbarukan yang melimpah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jasman Jasman and Ramadhan Ahmad, "Pengaruh Jenis Perlakuan Awal terhadap Konsentrasi Bioethanol Hasil Hidrolisis dan Fermentasi Tongkol Jagung menggunakan *Trichoderma reesei* dan *Saccharomyces cerevisiae*." [Online]. Available: <http://ejurnal.undana.ac.id/index.php/jbkHalaman%7C25>.
- [2] Dewan Energi Nasional Republik Indonesia, "Outlook Energi Indonesia 2019," *Dewan Energi Nasional Republik Indonesia*, p. 9, 2019.
- [3] R. Hanung, "Indonesia Sudah Impor Bensin Sejak 1997." p. 1, 2018, [Online]. Available: <https://www.cnbcindonesia.com/news/20180125133825-4-2488/indonesia-sudah-impor-bensin-sejak-1997>.
- [4] E. Commission, "Causes of climate change."
- [5] J. Jasman, "PENINGKATAN HASIL FERMENTASI BIOETANOL DARI NIRA SORGUM MANIS (*Sorghum bicolor* L. Moench) DENGAN MENGGUNAKAN BIAKAN CAMPURAN DUA GALUR KHAMIR," Gadjah Mada University, 2014.
- [6] M. Balat and H. Balat, "Recent trends in global production and utilization of bio-ethanol fuel," *Appl. Energy*, vol. 86, no. 11, pp. 2273–2282, 2009, doi: 10.1016/j.apenergy.2009.03.015.
- [7] A. PANDEY, C. LARROCHE, S. CRICKE, C.-G. DUSSAP, and E. GNANSOUNOU, *BIOFUELS ALTERNATIVE FEEDSTOCKS AND CONVERSION PROCESSES*, no. April, 2011.
- [8] P. R. Waghmare, A. D. Watharkar, B. Jeon, and S. P. Govindwar, "Bio-ethanol production from waste biomass.pdf."
- [9] M. Tayyab *et al.*, "Bioethanol production from lignocellulosic biomass by environment-friendly pretreatment methods: A review," *Appl. Ecol. Environ. Res.*, vol. 16, no. 1, pp. 225–249, 2018, doi: 10.15666/aer/1601_225249.
- [10] K. Robak and M. Balcerek, "Review of second generation bioethanol production from residual biomass," *Food Technology and Biotechnology*, vol. 56, no. 2. University of Zagreb, pp. 174–187, Apr. 01, 2018, doi: 10.17113/ftb.56.02.18.5428.
- [11] P. S. Nigam and A. Singh, "Production of liquid biofuels from renewable resources," *Prog. Energy Combust. Sci.*, vol. 37, no. 1, pp. 52–68, 2011, doi: 10.1016/j.pecs.2010.01.003.
- [12] Badan Pusat Statistik, "<https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/960>." pp. 335–58, 2017, doi: 10.1055/s-2008-1040325.
- [13] Siti Rochani, "KUPAS TUNTAS LIMBAH JERAMI PADI UNTUK PAKAN TERNAK - Dinas Ketahanan Pangan dan Peternakan." 2020, [Online]. Available: <http://dkpp.jabarprov.go.id/post/641/kupas-tuntas-limbah-jerami-padi-untuk-pakan-ternak>.
- [14] S. Aisyah, "Tongkol Jagung Disulap Menjadi Bahan Plastik Ramah Lingkungan - Chemical Engineering." 2019, [Online]. Available: <http://chemeng.teknik.unej.ac.id/tongkol-jagung-disulap-menjadi-bahan-plastik-ramah-lingkungan/>.
- [15] J. Jasman, "Potensi tongkol jagung untuk produksi bioethanol di nusa tenggara timur."
- [16] R. Novia Yanti and I. L. Hutasuhut, "Potensi Limbah Padat Perkebunan Kelapa Sawit Di Provinsi Riau," *Wahana For. J. Kehutan.*, vol. 15, no. 2, pp. 1–11, 2020, doi: 10.31849/forestra.v15i2.4696.
- [17] Ditjenbun, "Produksi Kelapa Sawit Menurut Provinsi di Indonesia, 2017-2021," *Artik.*

- Online, vol. 2021, p. 2021, 2021, [Online]. Available: pertanian.go.id/home/?show=page&act=view&id=61.
- [18] Badan Pusat Statistik, "Produksi Kayu Hutan (M3), 2018-2020." [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/indicator/60/167/1/produksi-kayu-hutan.html>.
- [19] https://akela.mendelu.cz/~xcepl/inobio/nove/Wood_anatomy/WAEF-02-chemical_composition.pdf, "Chemical composition of wood presentation Wood Anatomy," pp. 1–25, 2018, [Online]. Available: https://akela.mendelu.cz/~xcepl/inobio/nove/Wood_anatomy/WAEF-02-chemical_composition.pdf.
- [20] R. Abbas Azeez and F. K. Al-Zuhairi, "Biofuels (Bioethanol, Biodiesel, and Biogas) from Lignocellulosic Biomass :A Review The Production of Ethanol from Sugar Beet Waste by Immobilized Saccharomyces Cerevisiae View project Removal organic from produce water by agriculture waste as adsorbent Vi," in *Journal of University of Babylon for Engineering Sciences*, 2020, no. 28, p. 2020, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/342425236>.
- [21] A. Brandt, J. Gräsvik, J. P. Hallett, and T. Welton, "Deconstruction of lignocellulosic biomass with ionic liquids," *Green Chem.*, vol. 15, no. 3, pp. 550–583, 2013, doi: 10.1039/c2gc36364j.
- [22] repository polban, "Struktur Kimia Lignoselulosa." [Online]. Available: <http://digilib.polban.ac.id/files/disk1/265/jbptppolban-gdl-dheaelitap-13211-3-bab2--8.pdf>.
- [23] G. Brodeur, E. Yau, K. Badal, J. Collier, K. B. Ramachandran, and S. Ramakrishnan, "Chemical and physicochemical pretreatment of lignocellulosic biomass: A review," *Enzyme Res.*, vol. 2011, no. 1, 2011, doi: 10.4061/2011/787532.
- [24] P. Kumar, D. M. Barrett, M. J. Delwiche, and P. Stroeve, "Methods for pretreatment of lignocellulosic biomass for efficient hydrolysis and biofuel production," *Ind. Eng. Chem. Res.*, vol. 48, no. 8, pp. 3713–3729, 2009, doi: 10.1021/ie801542g.

Pengaruh Waktu Dan Konsentrasi Substrat Pada Hidrolisis Bubur Batang Sorgum Manis (*Sorghum Bicolor (L) Moench*) Menggunakan Ekstrak Kasar Enzim Selulase *Trichoderma reesei*

Karolina N. Bandung¹; Jasman²; Kasimir Sarifudin³

Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Nusa Cendana, Jl. Adi sucipto, Penfui Kupang Indonesia
Email korespondensi: novabandung46@gmail.com

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh waktu dan konsentrasi substrat terhadap kandungan gula pada bubur batang sorgum manis menggunakan ekstrak kasar enzim selulase *Trichoderma reesei*. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh waktu dan konsentrasi substrat terhadap kandungan gula bubur batang sorgum manis. Metode yang digunakan yaitu hidrolisis bubur batang sorgum manis dengan campuran ekstrak kasar enzim selulase dari *Trichoderma reesei*. Hasil hidrolisis dianalisis menggunakan spektrofotometer uv-vis untuk mengetahui kandungan gulanya. Hasil penelitian menunjukkan pengaruh dari waktu dan konsentrasi susbtrat menunjukkan kadar glukosa pada waktu 18 jam dengan konsentrasi 30% b/v merupakan perlakuan yang mendapatkan kadar glukosa tertinggi yaitu sebesar 1,35293%.

Kata kunci: Bubur batang sorgum manis, hidrolisis, waktu dan konsnetrasi substrat, kadar gula reduksi.

ABSTRACT

Research has been carried out to determine the effect of time and substrate concentration on the sugar content of sweet sorghum stem pulp using crude extract of the cellulase enzyme *Trichoderma reesei*. The purpose of this study was to determine the effect of time and substrate concentration on the sugar content of sweet sorghum slurry. The method used is the hydrolysis of sweet sorghum slurry with a mixture of crude extract of cellulase enzyme from *Trichoderma reesei*. The results of the hydrolysis were analyzed using a uv-vis spectrophotometer to determine the sugar content. The results showed the effect of time and the concentration of the substrate showed glucose levels at 18 hours with a concentration of 30% w/v was the treatment that got the highest glucose levels of 1.35293%.

Keyword: Sweet sorghum stalk pulp, hydrolysis, time and substrate concentration, reducing sugar content.

PENDAHULUAN

Dewasa ini permasalahan mengenai bahan bakar minyak merupakan salah satu masalah global. Setiap orang memiliki kecenderungan menggunakan energi dalam jumlah banyak untuk memenuhi kebutuhan hidup, namun sangat disayangkan karena bahan bakar yang dipakai adalah bahan bakar yang tidak terbarukan karena berbahan dasar fosil. Sumber energi, terutama bahan bakar merupakan salah satu kebutuhan yang paling penting dalam berbagai sektor kehidupan. Bahan bakar yang banyak digunakan bersumber dari fosil dan berwujud minyak, atau yang biasa disebut dengan BBM (Bahan Bakar Minyak)[1].

Pemerintah Indonesia mengeluarkan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional untuk mengembangkan sumber energi alternatif sebagai pengganti BBM [2]. Kebijakan tersebut menetapkan penggunaan sumber energi terbarukan seperti bahan bakar nabati (BBN) sebagai bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar minyak (BBM).

Bahan bakar berbasis nabati diharapkan dapat mengurangi terjadinya kelangkaan BBM, sehingga kebutuhan akan bahan bakar dapat terpenuhi. Bioetanol merupakan salah satu bahan bakar nabati yang dapat dijadikan alternatif pengganti BBM.

Bioetanol (C_2H_5OH) adalah alkohol yang dibuat dari bahan baku yang bersifat dapat diperbarui. Bioetanol adalah cairan biokimia dari proses fermentasi gula dari sumber karbohidrat menggunakan bantuan mikroorganisme. Bioetanol merupakan sebuah bahan bakar alternatif yang diolah dari tumbuhan dengan cara fermentasi, dimana memiliki keunggulan mampu menurunkan emisi CO_2 hingga 18% [3]. Bioetanol yang diproduksi dari biomassa (tumbuhan penghasil energi) melalui proses fermentasi merupakan bentuk energi biomassa dengan potensi yang sangat baik untuk mendukung keberlanjutan energi karena kualitas pembakarannya yang baik dan dapat diproduksi terus-menerus [4]. Bioetanol diproduksi dari tanaman-tanaman yang mengandung gula didalamnya seperti tebu, jagung, singkong, hingga limbah kulit melon. Dari berbagai jenis tanaman yang telah disebutkan, salah satu tanaman yang mengandung gula didalamnya dan mampu dikonversi menjadi bioetanol adalah tanaman sorgum manis (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) [5].

Sorgum memiliki kandungan gula yang cukup tinggi baik itu glukosa 20%, fruktosa 10%, dan sukrosa 70% yang mampu dikonversi melalui proses fermentasi menjadi bioetanol [6]. Berdasarkan kandungan total gula yang cukup tinggi tersebut, maka pertanian sorgum berupa batang sorgum adalah salah satu potensi sumber bioetanol yang menjanjikan [7]. Akumulasi kandungan gula yang terkandung dalam sorgum ini dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti waktu panen, waktu tanam, dan varietas [8].

Produksi etanol dengan bahan dasar lignoselulosa dilakukan melalui proses hidrolisis dan fermentasi. Pada proses hidrolisis secara kimiawi atau secara enzimatik terjadi pemecahan selulosa menjadi unit-unit glukosa yang dihubungkan oleh ikatan β -1,4 glikosida [9]. Salah satu mikroorganisme utama yang dapat memproduksi enzim selulase adalah jamur berfilamen seperti *Trichoderma reesei* [10]. *Trichoderma reesei* menghasilkan enzim selulase yang dapat menghidrolisis selulosa yang ada di dalam batang sorgum manis menjadi glukosa. Proses hidrolisis dilakukan dengan tujuan untuk memutuskan ikatan β -1,4 glikosida pada selulosa, menghilangkan kandungan lignin dan hemiselulosa, merusak struktur kristal dari selulosa serta meningkatkan porositas bahan [11]. Rusaknya struktur kristal selulosa akan mempermudah terurainya selulosa menjadi glukosa. Selain itu, hemiselulosa juga akan terurai menjadi senyawa gula sederhana: glukosa, galaktosa, manosa, heksosa, pentosa, xilosa dan arabinosa. Selanjutnya senyawa-senyawa gula sederhana tersebut akan difermentasi oleh mikroorganisme untuk menghasilkan etanol [12]. Proses hidrolisis suatu enzim dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu waktu hidrolisis dan konsentrasi substrat. Waktu memiliki pengaruh terhadap hidrolisis sebab semakin lama interaksi antara enzim dengan substrat menyebabkan semakin banyak glukosa yang dihasilkan. Kondisi optimum yang dibutuhkan oleh *Trichoderma reesei* untuk bertumbuh berbeda dengan produksi enzim. Selama fase pertumbuhan, terjadi akumulasi massa sel mencapai konsentrasi optimum, produksi enzim baru dimulai. Suhu dan pH yang optimum pada kedua fase ini juga berbeda yakni untuk pertumbuhan adalah 31-35 °C dan pada pH 4 sedangkan untuk produksi enzim 26-28 °C dengan pH 3 [13]. Kecepatan suatu reaksi yang menggunakan enzim tergantung pada konsentrasi tersebut. Pada suatu konsentrasi substrat tertentu, kecepatan reaksi bertambah dengan bertambahnya konsentrasi enzim. Akan tetapi pada batas konsentrasi tertentu, tidak terjadi kenaikan kecepatan reaksi walaupun konsentrasi substrat diperbesar [14]. Keadaan ini telah diterangkan oleh Michaelis-Menten dengan hipotesis mereka tentang terjadinya kompleks enzim-substrat. Kompleks enzim-substrat dapat diperoleh dengan adanya kontak antara enzim dengan substrat. Kontak ini terjadi pada sisi aktif enzim. Pada konsentrasi substrat rendah, sisi aktif enzim hanya akan menampung substrat sedikit. Apabila konsentrasi substrat diperbesar, maka makin banyak substrat yang akan bergabung dengan enzim pada sisi aktif tersebut. Dengan demikian, konsentrasi kompleks enzim-substrat makin besar. Hal ini menyebabkan besarnya kecepatan reaksi.

Sejauh ini penelitian yang berkaitan dengan hidrolisis telah dilakukan dengan membuat bioetanol dari batang sorgum menggunakan kombinasi kapang *T. Viridie* dan *A. Niger* pada proses hidrolisis dengan variasi waktu (24, 48, 72) jam dan konsentrasi substrat 50 gram (10%) [15]. Pada penelitian ini penulis menggunakan ekstrak kasar enzim selulase *Trichoderma reesei* pada proses hidrolisis bubur batang sorgum manis dengan variasi waktu dan konsentrasi substrat yang telah ditentukan.

METODE

Alat

alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu pisau, blender, kertas saring, bunsen, kawat ose, spektrofotometer UV-Vis, lemari pendingin, inkubator, sentrifuge, *laminar air flow*, neraca analitik, *autoclave*, pipet tetes, tabung reaksi, botol kaca dan peralatan gelas (gelas kimia dan erlenmeyer).

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu batang sorgum, aquadest, *Trichoderma reesei*, KH_2PO_4 , NaOH, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, PDA, larutan CMC (*carboxy methyl cellulose*) 1%, reagen DNS (*dinitro salisilic acid*), Na-K tartrat, Na-metabisulfit, buffer sitrat, glukosa p.a dan fenol.

Prosedur Kerja

a. Persiapan bahan baku

Pembuatan bubur batang sorgum manis (BBSM) dilakukan dengan mengambil batang sorgum manis yang siap panen lalu dibersihkan. Batang sorgum manis kemudian dipotong kecil-kecil agar mempermudah proses blender menjadi bubur. Hasil blender dikeluarkan dan dimasukkan kedalam wadah.

b. Peremajaan jamur *Trichoderma reesei*

Isolat *Trichoderma reesei* diambil dengan menggunakan kawat ose yang dipijarkan, lalu ditanam pada media PDA dengan cara zig zag dalam kondisi aseptis. Isolat jamur kemudian diinkubasi pada suhu 37 °C selama 3 hari.

c. Produksi ekstrak kasar enzim selulase

Untuk memproduksi ekstrak kasar enzim selulase, biakan jamur yang telah diremajakan ditanam pada larutan nutrisi. Larutan nutrisi dibuat dengan mencampurkan larutan buffer sitrat pH 5 50 mL dengan 2,0 gram urea, 2 gram $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 0,075 gram KH_2PO_4 , 0,075 gram $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0,05 gram $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 5 ml larutan CMC 1%, lalu ditambahkan 45 mL aquades hingga mencapai 100 mL kemudian diaduk hingga homogen. Selanjutnya ditambahkan 25 gram bubur batang sorgum yang telah diblender dan digojok hingga homogen. Larutan yang telah dibuat disterilkan dalam autoklaf pada suhu 121 °C selama 15 menit. Sterilisasi bertujuan untuk menghilangkan kontaminan yang dapat mengganggu pertumbuhan jamur dan juga dapat merusak substrat. Biakan *T.reesei* diambil pada media agar miring dengan cara menggoreskan jarum ose yang telah dipanaskan pada permukaan media agar miring. Kemudian jarum ose yang berisi biakan *T.reesei* dipindahkan ke dalam erlenmeyer yang berisi larutan nutrisi. Selanjutnya erlenmeyer ditutup rapat menggunakan aluminium foil dan diinkubasi pada suhu ruang selama 5 hari. Hasil biakan jamur *T.reesei* yang telah jadi selanjutnya disaring kemudian disentrifugasi selama 10 menit untuk memisahkan sel-sel mikroorganisme yang mengendap dan supernatan yang merupakan cairan yang berisi enzim.

d. Uji aktivitas enzim

Supernatan yang didapat dari proses sentrifugasi diuji aktivitas enzim selulasenya dengan mencampurkan sebanyak 1 mL CMC 1% dengan 0,8 mL buffer sitrat pH 5 lalu ditambahkan dengan 1 mL supernatan ke dalam tabung reaksi. Sampel diinkubasi pada suhu 35 °C selama 10 menit. Setelah diinkubasi sampel kemudian ditambahkan reagen DNS ke dalam tabung reaksi. Absorbansi sampel diukur pada panjang gelombang 550 nm dengan spektrofotometer uv-vis. Nilai aktivitas selulase dapat dihitung dengan persamaan berikut [16].

$$AE = \text{Konsentrasi glukosa sampel} \times \frac{1000}{V \times t \times BM}$$

Dimana :

$$\text{Konsentrasi sampel} = ((As - Ab) - (Ak - Ab))$$

AE =Aktivitas enzim (Unit/mL)

As =Absorbansi sampel

Ab = Absorbansi blanko

Ak = Absorbansi kontrol

V =Volume enzim

BM =Berat Molekul glukosa (180 gram/mol)

t =Waktu inkubasi (menit)

Untuk menentukan aktivitas spesifik enzim selulase dihitung berdasarkan rumus berikut

$$[17]. \text{Aktivitas spesifik} = \frac{\text{aktivitas selulase}}{\text{konsentrasi protein}}$$

e. Hidrolisis

Hidrolisis dilakukan dengan variasi konsentrasi substrat bubur batang sorgum manis (BBSM) yaitu (6, 14, 22, 30)% b/v. Variasi dari masing-masing konsentrasi substrat di timbang lalu dimasukkan ke dalam erlenmeyer kemudian ditambahkan dengan 5 mL ekstrak kasar enzim selulase lalu diaduk hingga homogen. Campuran selanjutnya dimasukkan ke dalam inkubator kemudian mengatur suhunya hingga 35 °C untuk dilakukan proses hidrolisis dengan variasi waktu (0, 6, 12, 18, 24) jam. Setelah dihidrolisis campuran diletakan pada freezer untuk didinginkan. Selanjutnya mengambil 5 ml larutan untuk menguji kandungan glukosanya dengan metode DNS.

f. Pengukuran Kadar Gula Reduksi

Untuk mengukur kadar gula reduksi dilakukan menggunakan metode DNS. Dilarutkan 1,06 gram asam 3,5-dinitrosalisilat dan 1,98 gram NaOH dalam 141,6 mL aquades. Setelah itu ditambahkan 30,6 gram Na-K-Tartrat, 0,76 gram fenol yang dicairkan pada suhu 50 °C dan 0,83 gram natrium metabisulfit. Larutan ini dihomogenkan dengan diaduk rata. Untuk membuat kurva standar, dibuat larutan glukosa dengan melarutkan 1000 mg glukosa monohidrat dalam 1000 mL aquades, selanjutnya dari larutan tersebut diencerkan sehingga diperoleh larutan glukosa dengan konsentrasi 350, 300, 250, 200, 150 dan 100 ppm (Rismawati et al., 2016). Sebelum sampel dianalisis, diambil 5 mL sampel dan ditambahkan dengan 3 mL pereaksi DNS kemudian dipanaskan pada penangas air mendidih (sekitar 90 °C) selama 5 menit lalu didinginkan pada suhu ruang. Larutan dipindahkan ke dalam kuvet yang telah dicuci dengan aquades dan dikeringkan, absorbansi diukur pada panjang gelombang maksimum 550 nm.

g. Analisis Data

Untuk mengetahui adanya perbedaan rata-rata, pengaruh perlakuan yang diberikan serta pengaruh keterkaitan antar variabel terhadap konsentrasi gula reduksi, data yang dihasilkan dianalisis menggunakan ANOVA dua arah dengan taraf signifikansi 0,05 (95%).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran kadar gula reduksi dimulai dengan mencampur bubur batang sorgum manis (BBSM) dengan ekstrak kasar enzim selulase *Trichoderma reesei* dengan variasi konsentrasi substrat (6, 14, 22, 30)% b/v yang dihidrolisis dengan waktu 0, 6, 12, 18 dan 24 jam. Hasil hidrolisis kemudian diukur dengan spektrofotometer uv-vis. Data hasil analisis konsentrasi gula reduksi BBSM setelah hidrolisis pada waktu dan konsentrasi substrat bervariasi tergambar dalam tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis konsentrasi gula reduksi BBSM setelah hidrolisis pada waktu dan konsentrasi substrat bervariasi

Waktu (Jam)	Konsentrasi substrat (%b/v)			
	6%	14%	22%	30%
0	0,47553	0,56003	0,67111	0,93757
6	0,52357	0,66771	0,70825	1,14138
12	0,67350	0,80605	0,95256	1,25684
18	0,81218	0,97743	1,15121	1,35293
24	0,73589	0,82138	0,98596	0,99107

Dari tabel 1. dapat dilihat bahwa waktu hidrolisis memiliki pengaruh terhadap konsentrasi gula reduksi yang dihasilkan. Hidrolisis awal dimulai dari waktu 6 jam dengan hasil konsentrasi gula

reduksi yang menunjukkan adanya peningkatan kadar gula sebelum hidrolisis dan setelah dimulainya hidrolisis. Peningkatan konsentrasi gula reduksi terus mengalami peningkatan hingga waktu 18 jam dengan konsentrasi substrat 30% b/v yang mana merupakan perlakuan yang mendapatkan konsentrasi gula tertinggi yaitu sebesar 1,3529%. Peningkatan kadar gula terjadi disebabkan oleh adanya reaksi hidrolisis selulosa menjadi glukosa oleh ekstrak kasar enzim selulase yang dihasilkan oleh *Trichoderma reesei*. Tiga komponen enzim selulase yang berperan dalam perombakan selulosa menjadi glukosa endoglukanase, eksoglukanase dan β -glukosidase. Endoglukanase berperan untuk memutuskan ikatan selulosa secara random dengan memulai serangan acak pada sisi internal daerah amorf dari serat selulosa sehingga sisi yang terbuka dapat diserang oleh eksoglukanase. Kemudian kerja dari eksoglukanase yaitu memotong ujung-ujung rantai selulosa. Eksoglukanase menyerang bagian luar dari selulosa sehingga dihasilkan selobiosa sebagai struktur utamanya. Selanjutnya β -glukosidase berfungsi memotong selobiosa menjadi molekul-molekul glukosa. Kadar gula mulai meningkat pada proses hidrolisis dari rentang waktu 6 jam, 12 jam hingga 18 jam. Hal ini dikarenakan reaksi antara enzim dengan substrat yang cocok menyebabkan kinerja enzim juga optimal. Waktu kontak antara enzim dengan substrat juga menentukan efektivitas kerja enzim, sehingga semakin lama waktu reaksi maka kerja enzim juga akan semakin optimum. Namun pada waktu tertentu, kadar gula mengalami penurunan dikarenakan semakin lama waktu hidrolisis jumlah substrat akan semakin berkurang karena telah banyak yang terhidrolisis sehingga glukosa yang dihasilkan cenderung menurun. Kandungan gula reduksi pada bahan mengalami penurunan setelah dihidrolisis selama 24 jam dengan kandungan gula reduksi paling rendah pada konsentrasi substrat 6% b/v yaitu sebesar 0,7358%. Fenomena ini dikarenakan pada proses awal hidrolisis, enzim selulase menghidrolisis selulosa dan hemiselulosa menjadi glukosa dan xilosa mencapai hasil maksimal pada jam ke-18 kemudian konsentrasi gula reduksi pada hidrolisis 24 jam mengalami penurunan. Produk dari hasil hidrolisis dapat menjadi inhibitor bagi aktivitas enzim selulase [18]. Hal ini didasarkan pada teori bahwa jamur atau cendawan sebagai organisme heterotrof menggunakan sumber karbon dari bahan-bahan organik misalnya glukosa untuk pertumbuhannya [10]. Penurunan aktivitas enzim menunjukkan bahwa terjadi perubahan konformasi enzim dengan substrat sehingga ikatan antara keduanya semakin melemah [19]. Penurunan hasil kandungan gula reduksi juga disebabkan oleh interaksi antara enzim dan konsentrasi substrat yang semakin lama menyebabkan terjadinya akumulasi produk yang terbentuk sebelumnya dan menyebabkan penghambatan bagi enzim yang bekerja [20].

Selain waktu hidrolisis, kadar gula reduksi yang dihasilkan juga dipengaruhi oleh konsentrasi substrat. Dari tabel 1. kadar gula meningkat dari setiap variasi konsentrasi substrat (6, 14, 22, 30)% b/v pada waktu 0-18 jam dengan nilai tertinggi sebesar 1,35293% pada konsentrasi substrat 30% b/v dan mengalami penurunan pada waktu 24 jam. Penurunan kadar gula reduksi terjadi karena hampir semua enzim telah membentuk kompleks enzim-substrat, sehingga tidak ada lagi sisi aktif enzim yang bebas. Saat sisi aktif pada enzim mulai berikatan dengan substrat maka kecepatan maksimum reaksi akan tercapai. Namun setelah penambahan substrat berikutnya tidak akan mempengaruhi tingkat reaksi. Hal ini disebabkan oleh seluruh sisi aktif enzim telah jenuh atau telah dipakai oleh substrat [21]. Fenomena tersebut juga didukung oleh teori Michaelis-Menten dengan hipotesis mereka tentang terjadinya kompleks enzim-substrat dimana peningkatan dan penurunan kadar gula yang dihasilkan disebabkan kontak antara enzim dengan substrat. Konsentrasi substrat 6% b/v dan 14% b/v mengalami peningkatan kadar gula yang paling sedikit dari konsentrasi substrat 22% b/v dan 30% b/v yang mengalami peningkatan kadar gula cukup tinggi. Hal tersebut dikarenakan pada konsentrasi substrat rendah, sisi aktif enzim hanya akan menampung substrat sedikit. Bila konsentrasi substrat diperbesar, maka makin banyak substrat yang akan bergabung pada sisi aktif enzim sehingga konsentrasi kompleks enzim-substrat makin besar serta menyebabkan besarnya kecepatan reaksi dan kadar gula yang dihasilkanpun semakin banyak. Konsentrasi substrat (6, 14, 22 dan 30)% b/v selalu mengalami peningkatan kadar gula sampai hidrolisis 18 jam karena konsentrasi substrat berpengaruh terhadap kontak enzim-substrat. Enzim memiliki spesifitas yang

tinggi yang mana apabila substrat cocok dengan enzim, maka kinerja enzim juga optimal [22]. Kadar gula yang dihasilkan pada proses hidrolisis belum mencapai konsentrasi substrat optimum. Hal ini dikarenakan kadar gula dari masing-masing konsentrasi substrat mulai menurun pada waktu hidrolisis 24 jam. Menurunnya kadar gula tersebut mengindikasikan bahwa kecepatan reaksi pada hidrolisis berlangsung lambat karena kandungan gula pada substrat sudah sedikit karena lamanya proses hidrolisis.

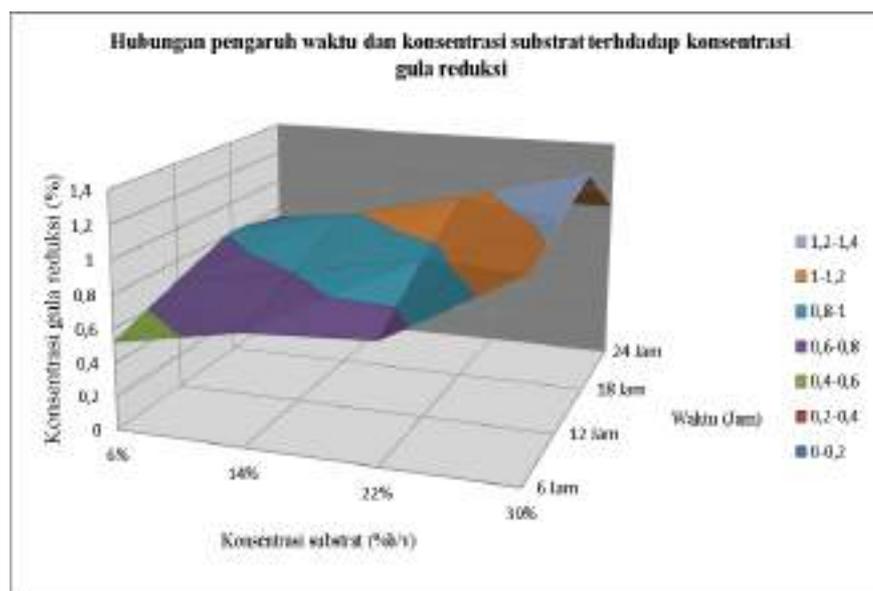
Tabel 2. ANOVA Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Konsentrasi gula reduksi

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	1.614 ^a	15	.108	386.497	.000	.997
Intercept	26.410	1	26.410	94861.717	.000	1.000
Waktu_Hidrolisis	.398	3	.133	477.011	.000	.989
Konsentrasi_Substrat	1.085	3	.362	1299.124	.000	.996
Waktu_Hidrolisis * Konsentrasi_Substrat	.131	9	.015	52.117	.000	.967
Error	.004	16	.000			
Total	28.029	32				
Corrected Total	1.619	31				

a. R Squared = .997 (Adjusted R Squared = .995)

Berdasarkan tabel 2. diketahui bahwa nilai F hitung dan nilai partial eta square untuk faktor konsentrasi substrat lebih dominan dibandingkan faktor waktu hidrolisis terhadap kadar gula reduksi yang dihasilkan.



Gambar 1. Hubungan antara pengaruh waktu dan konsentrasi substrat terhadap konsentrasi gula reduksi

Kurva pada gambar 1. menunjukkan bahwa konsentrasi gula reduksi yang dihasilkan terus mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya waktu hidrolisis dan konsentrasi substrat. Konsentrasi gula reduksi selalu meningkat dari hidrolisis 6 jam, 12 jam sampai 18 jam dengan nilai tertinggi dihasilkan pada waktu hidrolisis 18 jam dengan konsentrasi substrat 30% b/v namun mengalami penurunan pada waktu hidrolisis 24 jam. Hal ini dikarenakan jumlah substrat pada awal hidrolisis masih cukup banyak sehingga dengan semakin lamanya waktu hidrolisis, kadar gula yang dihasilkan juga meningkat. Selain itu juga dapat disebabkan sumber nutrisi masih banyak tersedia sehingga memungkinkan terjadi peningkatan kadar gula pada waktu tertentu. Namun pada waktu tertentu akan mengalami penurunan kadar gula dikarenakan semakin lama waktu hidrolisis jumlah substrat akan semakin berkurang karena telah banyak yang terhidrolisis sehingga kadar gula yang dihasilkan cenderung menurun. Penurunan hasil kadar gula pada waktu 24 jam juga mengindikasikan bahwa laju hidrolisis substrat berlangsung lambat disebabkan oleh interaksi antara enzim dan konsentrasi substrat yang semakin lama menyebabkan terjadinya akumulasi produk yang terbentuk sebelumnya dan menyebabkan penghambatan bagi enzim yang bekerja.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu hidrolisis maka kadar glukosa yang dihasilkan juga meningkat. Waktu optimum hidrolisis yang menghasilkan kadar glukosa tertinggi yaitu 18 jam. Dalam rentang variasi yang digunakan dalam penelitian ini, makin tinggi konsentrasi substrat maka konsentrasi glukosa semakin meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Narindri, N.M. Cahyato, R. Millati, Produksi Bioetanol Daun Sorghum (*Sorghum bicolor* L.Moench), *J. Biota*. 1 (2016) 44–50. <https://doi.org/10.24002/biota.v1i1.712>.
- [2] F. Assegraf, Prospek Produksi Bioetanol Bonggol Pisang (*Musa paradisiacal*) Menggunakan Metode Hidrolisis Asam dan Enzimatis, Universitas Jendral Soedirman, 2009.
- [3] A.F. Fauzi, Pemanfaatan buah pepaya (*carica papaya* l.) sebagai bahan baku bioetanol dengan proses fermentasi dan distilasi, Program Diploma, Fakultas Teknik., 2011.
- [4] S. Kim, B.E. Dale, Global potential bioethanol production from wasted crops and crop residues, *Biomass and Bioenergy*. 26 (2004) 361–375.
- [5] T. Nurmala, *Serealia Sumber Karbohidrat Utama*, Rineka Cipta Obor Indonesia, Jakarta, 2003.
- [6] S. Prasad, A. Singh, H.C. Joshi, Ethanol production from sweet sorghum syrup for utilization as automotive fuel in India, *Energy and Fuels*. 21 (2007) 2415–2420. <https://doi.org/10.1021/ef060328z>.
- [7] M. Pabendon, M. Aqil, S. Masud, *Kajian Sumber Bahan Bakar Nabati Berbasis Sorgum Manis*, Balai Penelitian Tanaman Serelia, Sulauwesi Selatan, 2012.
- [8] V.H. Teetor, D. V Duclos, E.T. Wittenberg, K.M. Young, J. Chawhuaymak, M.R. Riley, Effects of planting date on sugar and ethanol yield of sweet sorghum grown in Arizona, *Elsevier*. 34 (2010) 1293–1300.
- [9] N.N.K. Asih, P. Suarya, I.B.P. Manuaba, I.N. Wirajana, Hidrolisis Batang Jagung Secara Enzimatis dari Tanah Hutan Mangrove, *Cakra Kim. (Indonesian E-Journal Appl. Chem.* 6 (2018) 106–115.
- [10] M. Pelczar, E.C. Chain, *Dasar-Dasar Mikrobiologi*, UI-Press, Jakarta, 2005.
- [11] Y. Sun, J. Cheng, Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: A review, *Bioresour. Technol.* 83 (2002) 1–11. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(01\)00212-7](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(01)00212-7).
- [12] N. Mosier, C. Wyman, B. Dale, R. Elander, Y.Y. Lee, M. Holtzapple, M. Ladisch, Features of promising technologies for pretreatment of lignocellulosic biomass, *Bioresour. Technol.* 96 (2005) 673–686. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2004.06.025>.
- [13] T.M. Pakula, K. Salonen, J. Uusitalo, M. Penttilä, The effect of specific growth rate on protein synthesis and secretion in the filamentous fungus *Trichoderma reesei*, *Microbiology*.

- 151 (2005) 135–143. <https://doi.org/10.1099/mic.0.27458-0>.
- [14] R. Irawati, Karakterisasi Ph, Suhu Dan Konsentrasi Substrat Pada Enzim Selulase Kasar Yang Diproduksi Oleh *Bacillus Circulans*, *J. Chem. Inf. Model.* 53 (2016) 1689–1699.
- [15] A.M. Kartini, E.S. Pandebesie, Produksi Bioetanol dari Batang *Sorghum bicolor* (L .) Moench dengan *Saccharomyces cerevisiae* dan Konsorsium *S. cerevisiae* - *Pichia stipitis*, *J. Purifikasi.* 16 (2016) 118–129.
- [16] H. Kombong, Evaluasi Daya Hidrolitik Enzim Glukoamilase dari Filtrat Kultur *Aspergillus niger*, *J. Ilmu Dasar.* 5 (2004) 16–20.
- [17] P. Cahyani, Wijanarka, B. Raharjo, Aktivitas Spesifik Selulase *Serratia marcescens* dengan Variasi Konsentrasi Amonium Sulfat ((NH₄)₂SO₄) dan pH, *J. Biol.* 6 (2017) 41–49.
- [18] N. Idiawati, Produksi Enzim Selulase oleh *Asepergilus Niger* pada Ampas Sagu, *Natur Indones.* 16 (2014) 1–9.
- [19] A.. Lehninger, *Dasar-Dasar Biokimia* Jilid 1, Erlangga, Jakarta, 2010.
- [20] N. Azzahra, A. Amri, S.P. Utami, *Hidrolisis Mikroalga Tetraselmis Chuii Menjadi Glukosa Menggunakan Enzim Selulase*, 2 (2015).
- [21] D.. Nelson, M.. Cox, *Principles of Biochemistry*, Worth Publisher, New York, 2005.
- [22] P. Aziz, *Enzim dan Fakto-Faktor Yang Mempengaruhi Laju Reaksi Enzim*, *Addit. Mater. FIK Biochem. Exp. Cl.* (2012).

**KAJIAN STRUKTUR KRISTAL DAN KOMPOSISI UNSUR KATALIS
CAO/SIO₂ BERDASARKAN VARIASI MASSA CACO₃ PADA PROSES
SINTESIS KATALIS DAN UJI AKTIVITAS PADA REAKSI
TRANSESTERIFIKASI MINYAK BIJI JARAK KEPYAR**

Maria V. K. Lamaole¹; Kasimir Sarifudin²; Dewi Lestarani³
Program Studi Pendidikan Kimia, FKIP-Universitas Nusa Cendana Jl. Adisucipto Penfui,
Kupang-NTT 85001 Indonesia
Email korespondensi: vianeylamaole@gmail.com

ABSTRAK

Artikel ini membahas tentang kajian struktur kristal dan komposisi unsur katalis CaO/SiO₂ pada proses sintesis katalis dan uji aktivitas pada reaksi transesterifikasi minyak biji jarak kepyar. SiO₂ disintesis dari zeolit alam Ende Flores diperoleh dengan metode hidrotermal sementara CaO disintesis dari endapan air sadah dengan metode kalsinasi. Sintesis katalis CaO/SiO₂ menggunakan metode impregnasi dengan variasi massa CaCO₃ 35,90; 27,19; 19,35; 12,28; 5,85 dan 0%. Hasil karakterisasi menggunakan XRD menunjukkan fasa portlandite, quartz dan halite. Selanjutnya, penentuan komposisi oksida menggunakan XRF kandungan unsur tertinggi ialah unsur Ca dan Si dalam bentuk oksidanya CaO dan SiO₂. Pengujian aktivitas katalis melalui reaksi transesterifikasi pada minyak biji jarak kepyar menggunakan rasio mol minyak metanol 1:12, jumlah katalis 7%, suhu reaksi 650C dan waktu reaksi 4 jam. %Yield metil ester tertinggi terdapat pada komposisi CaO/SiO₂ 50% sebesar 91,22%. Berdasarkan hasil uji GC-MS ditemukan adanya senyawa metil stearat, metil linoleat, metil oleat, metil palmitat dan metil risinoleat yang terkandung di dalam metil ester.

Kata kunci: CaCO₃ , CaO/SiO₂ , Struktur Kristal, Yield Metil Ester.

ABSTRACT

This article discusses the study of the crystal structure and elemental composition of the CaO/SiO₂ catalyst in the process of catalyst synthesis and activity testing in the transesterification reaction of castor oil seeds. SiO₂ was synthesized from Ende Flores natural zeolite obtained by hydrothermal method while CaO was synthesized from hard water deposits by calcination method. The CaO/SiO₂ catalyst synthesis used the impregnation method with a mass variation of CaCO₃ 35.90; 27.19; 19.35; 12.28; 5.85 and 0%. The results of the characterization using XRD showed the portlandite, quartz and halite phases. Furthermore, the determination of the composition of the oxide using XRF with the highest elemental content was the elements Ca and Si in their oxide forms CaO and SiO₂. Testing the activity of the catalyst through the transesterification reaction on jatropha seed oil using a mole ratio of methanol oil 1:12, the amount of catalyst 7%, reaction temperature 650C and reaction time 4 hours. The highest % yield of methyl ester was found in the 50% CaO/SiO₂ composition of 91.22%. Based on the results of the GC-MS test, it was found that there were compounds of methyl stearate, methyl linoleate, methyl oleate, methyl palmitate and methyl ricinoleate contained in the methyl ester.

Keyword: CaCO₃ , CaO/SiO₂ , Crystal Structure, Methyl Ester Yield.

PENDAHULUAN

Kebutuhan akan energi utama bahan bakar minyak (BBM) terus meningkat sedangkan cadangan minyak bumi semakin menipis. Melihat kondisi tersebut pemerintah telah memberikan perhatian serius untuk pengembangan bahan bakar nabati (disebut sebagai biofuel, yang terdiri dari biodiesel, bioetanol dan pure plant oil) dengan menerbitkan Instruksi Presiden nomor 1 tahun 2006 tanggal 26 Januari 2016 tentang penyediaan dan pemanfaatan bahan bakar nabati sebagai bahan bakar alternatif. Biodiesel merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang menjanjikan, bersifat ramah lingkungan, tidak mempunyai efek terhadap kesehatan dan dapat dipakai sebagai bahan bakar kendaraan bermotor yang dapat menurunkan emisi bila dibandingkan dengan bahan bakar lainnya. Biodiesel dapat diproduksi dari bahan alam seperti minyak nabati [1]. Minyak jarak merupakan golongan minyak nabati yang diperoleh dari biji tanaman jarak. Minyak ini memiliki kandungan asam lemak esensial yang sangat rendah sehingga tidak dapat digunakan sebagai minyak makanan dan bahan pangan, serta memiliki sifat sangat beracun [2].

Untuk mendapatkan biodiesel, minyak dikonversi menjadi metil ester melalui reaksi transesterifikasi dengan bantuan katalis. Katalis menyediakan jalur alternatif dengan energi aktivasi rendah sehingga reaksi berlangsung lebih cepat.

Kalsium oksida (CaO) merupakan salah satu jenis katalis basa heterogen yang dapat diperoleh melalui proses kalsinasi CaCO_3 [3]. Katalis heterogen terdiri dari dua komponen utama yakni situs aktif dan penyangga. Jumlah komponen maupun variasi komposisinya dapat memberikan pengaruh pada karakter katalis yang meliputi struktur kristal katalis dan aktivitas katalis itu sendiri. Variasi komponen katalis juga menghasilkan padatan katalis dengan fasa kristal yang berbeda dengan pola difaktogram tertentu. Penelitian yang dilakukan oleh Bili (2021) tentang sintesis katalis CaO/SiO_2 dengan variasi komposisi SiO_2 berturut-turut 10, 20, 30, 40, dan 50%, menunjukkan perbedaan fasa kristal dari setiap perbedaan komposisinya. Pada komposisi 10 dan 20% terbentuk 2 fasa kristal yaitu portlandite dan larnite, sedangkan pada komposisi 30, 40 dan 50% terbentuk 3 fasa kristal yaitu larnite, wollastonite dan portlandite. Rata-rata intensitas puncak yang dihasilkan semakin meningkat seiring meningkatnya komposisi SiO_2 . Mali (2019) melakukan sintesis katalis CaO/ZAA , dengan variasi komposisi CaO yang diimbangkan pada ZAA 10, 20, 30, 40, dan 50%. Hasil analisis XRD pada katalis yang dihasilkan tersebut menunjukkan bahwa pada komposisi 10 dan 20% CaO, terbentuk fasa kristal berupa microline dan quartz, sedangkan pada komposisi 30% CaO terbentuk kristal berfasa microline, quartz dan portlandite. Terlihat bahwa variasi komposisi komponen katalis memiliki pengaruh pada karakter katalisnya.

Variasi komposisi komponen katalis juga sangat berpengaruh terhadap aktivitas katalis. Oko dan Feri (2019) melakukan penelitian tentang sintesis pengembangan katalis CaO dari cangkang telur ayam dengan impregnasi KOH dan aplikasinya terhadap pembuatan biodiesel dari minyak jarak. Kandungan CaCO_3 yang tinggi pada cangkang telur ayam sehingga dapat dijadikan katalis heterogen melalui proses kalsinasi dengan variasi komposisi 8, 9, 10, 11, 12, dan 13% CaO/KOH yang selanjutnya diaplikasikan pada pembuatan biodiesel dari minyak jarak. Yield biodiesel tertinggi didapatkan pada penambahan katalis 13% yakni 96,0739%. Ndak at al., (2021) melakukan penelitian tentang pengaruh komposisi SiO_2 pada katalis CaO/SiO_2 terhadap karakter morfologi permukaan, ukuran partikel dan rendemen metil ester pada reaksi transesterifikasi minyak jarak. Variasi komposisi SiO_2 berturut-turut 10, 20, 30, 40, dan 50% menghasilkan biodiesel dengan yield tertinggi 92,78% diperoleh pada penambahan SiO_2 30%.

Melihat bagaimana pengaruh massa katalis terhadap yield metil ester reaksi transesterifikasi maka perlu dilakukan penelitian tentang Kajian Struktur Kristal dan Komposisi Unsur Katalis CaO/SiO_2 Berdasarkan Variasi Massa CaCO_3 pada Proses Sintesis Katalis dan Uji Aktivitas Pada Reaksi Transesterifikasi Minyak Jarak Kepyar.

METODE

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat-alat gelas, termometer, pengayak 200 mesh, lumpang porselin dan penggerus, oven (fisher scientific), wadah stainless stell, desikator, labu refluks, furnace kolom (Kasimir furnace), magnetic stirrer, kertas saring, timbangan digital (denver), pompa air, reaktor kalsinasi dan reduksi, neraca analitik, corong buchner, stopwatch, pressure cooking, wise stirrer, hot plate, aluminium foil, seperangkat alat titrasi, x-ray diffraction

(XRD) dan x-ray fluorescence (XRF). Adapun bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu zeolit alam Ende Flores-NTT, endapan air sadah, minyak biji jarak kepyar, pelarut metanol, asam asetat 96%, aquades, vaseline, HCl 37%, NaOH pellet, AgNO₃, air bebas ion (deionized water), minyak goreng, dan es batu.

Sintesis Silika

Sebanyak 200 gram ZAA direfluks dengan NaOH 750 mL 8 M selama 24 jam, kemudian disaring dan diperoleh natrium silikat. Filtrat tersebut kemudian dititrasi menggunakan larutan HCl 2 M sampai pH 7 sambil terus diaduk dengan magnetic stirrer hingga terbentuk endapan berwarna putih. Gel yang berwarna putih yang terbentuk kemudian didiamkan pada suhu kamar selama 24 jam, setelah itu disaring dan dicuci dengan air bebas ion untuk menghilangkan garam klorida. Residu padat yang diperoleh dikeringkan pada suhu 80°C selama 24 jam. Untuk memurnikan silika dari mineral lain seperti Al, Ca, Fe, dan Mg, padatan hasil pengeringan tadi direfluks dengan 750 mL larutan HCl 1 M pada suhu 100°C selama 3 jam. Setelah dingin suspensi disaring dan dicuci dengan air bebas ion sampai pH 7 dan bebas ion Cl⁻ yang diuji dengan larutan AgNO₃ 0,1 N. Endapan yang sudah netral dimasukkan ke dalam gelas beaker (vol. 1L), kemudian ditambahkan air bebas ion sampai volumenya 1 L, dan dilanjutkan dengan proses ultrasonikasi selama 4 jam sambil dilakukan pengadukan selama 5 menit (menggunakan pengaduk kaca) dalam selang waktu 30 menit, kemudian didiamkan selama 24 jam dan dipisahkan dengan cara disaring menggunakan kertas Whatman 42. Padatan yang diperoleh dikeringkan pada suhu 110°C selama 12 jam. Serbuk silika tersebut kemudian dikalsinasi pada suhu 1000°C selama 6 jam lalu ditimbang dan digerus untuk memperoleh serbuk silika yang sudah bersih. Silika ini siap digunakan sebagai pengemban katalis CaO.

Sintesis CaO/SiO₂

Sebanyak 64 mL asam asetat 96% dimasukkan ke dalam gelas kimia 1 L, kemudian diaduk menggunakan magnetic stirrer lalu ditambahkan CaCO₃ sebanyak 26,78 gram, diaduk selama 2 jam sampai semua larut sempurna. Ditambahkan 186 mL air bebas ion, diaduk selama 1 jam. Ditambahkan 15 gram SiO₂, diaduk selama 3 jam. Didiamkan selama 24 jam, diaduk menggunakan pengaduk kaca selama 30 menit kemudian dipanaskan dalam oven pada suhu 120°C selama 6 jam. Digerus dan serbuk yang diperoleh dikalsinasi pada suhu 1000°C selama 6 jam lalu ditimbang. Katalis yang dihasilkan yaitu 35,90% CaCO₃ pada CaO/SiO₂ 50%. Katalis yang diperoleh siap digunakan pada proses transesterifikasi minyak jarak. Prosedur yang sama dilakukan untuk variasi massa 27,17%, 19,35%, 12,28%, 5,85% dan 0%-b/b CaO.

Tahap Transesterifikasi

Proses transesterifikasi minyak jarak kepyar dilangsungkan dalam reaktor berukuran 200 mL. reaktor dilengkapi dengan kondensor, thermometer, magnetic stirrer, dan sebuah oil bath. Minyak ditimbang sebanyak 50 gram dan metanol dengan rasio 1:12 (minyak:metanol, rasio mol) katalis sebanyak 7% dari berat minyak ditambahkan kedalam reaktor, selanjutnya dipanaskan pada suhu konstan 65°C. Transesterifikasi berlangsung selama 4 jam sambil diaduk terus menerus. Setelah 4 jam reaksi, campuran disentrifugasi selama 30 menit. Kemudian campuran dimasukan kedalam corong pisah dan diendapkan selama 24 jam untuk dipisahkan antar gliserol dan metil ester. Setelah 24 jam terbentuk 2 lapisan, yaitu bagian atas adalah metil ester (biodiesel) dan bagian bawah corong pisah adalah gliserol. Rendemen merupakan perbandingan berat biodiesel dengan berat minyak awal. Untuk menghitung rendemen yang diperoleh digunakan persamaan:

$$\% \text{ Yield} = \frac{\text{Berat Minyak Hasil}}{\text{Berat Biji Jarak Pagar}} \times 100\%$$

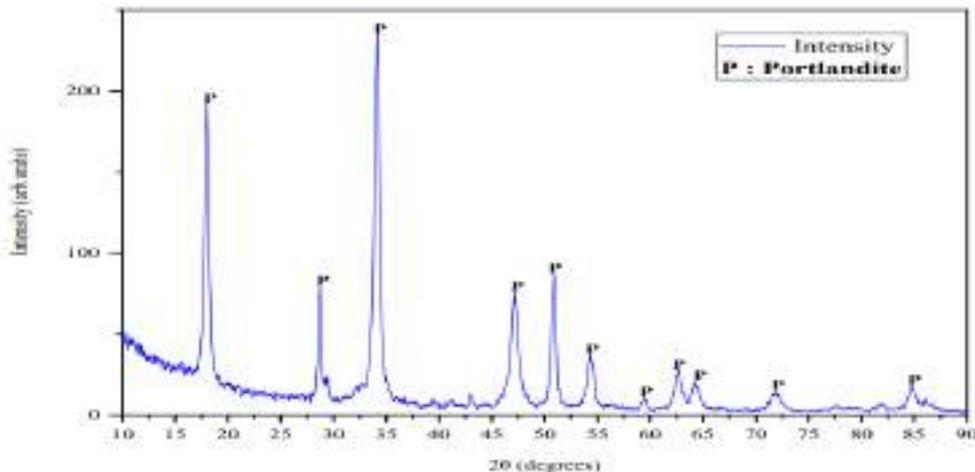
HASIL

A. Hasil Karakterisasi Menggunakan XRD

1. CaO/SiO₂ 0%

Difaktogram hasil analisa XRD katalis CaO/SiO₂ 0% disajikan pada gambar 1. Hasil analisis XRD menunjukkan bahwa mineral yang terdapat dalam sampel CaO berupa fasa mineral *portlandite*. Fasa *portlandite* dengan nama ICSD kalsium hidroksida, rumus kimia Ca(OH)₂ muncul

pada puncak 2θ : 17,9796; 28,6692; 34,0681; 47,0970; dan 50,8149 dengan orientasi bidang kristal secara berturut-turut (001), (100), (101), (102) dan (110). Berdasarkan hasil analisis menggunakan *software match 3*, fasa *portlandite* memiliki sistem kristal hexagonal dengan karakteristik unit sel $a=b$ yaitu 3,58900 Å dan $c = 4,91100$ Å dengan $\alpha = \beta=90^\circ$ $\gamma=120^\circ$ serta memiliki densitas 2,24000 g/cm³.

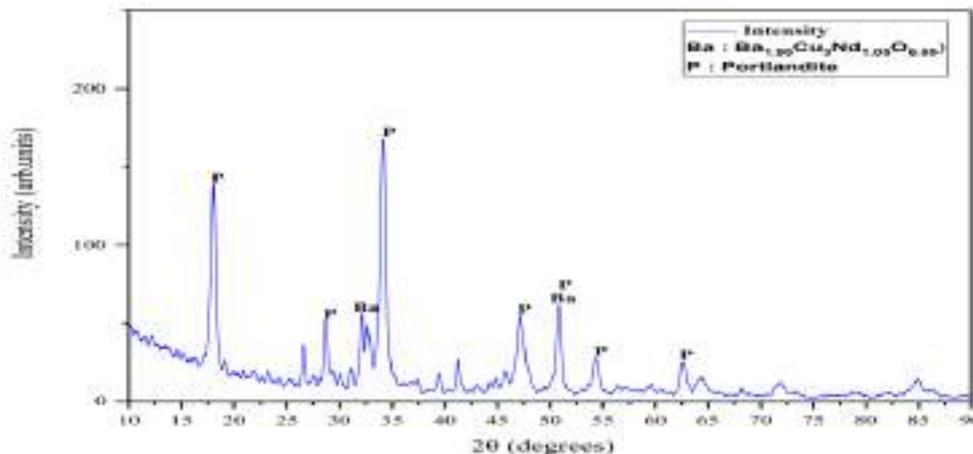


Gambar 1. Difaktogram Katalis CaO/SiO₂ 0%

Berdasarkan hasil analisa pada sampel tidak menunjukkan adanya intensitas puncak dari CaO. Dari spektrum dan data yang telah diuraikan dapat diketahui bahwa pada kalsinasi suhu 1000°C sampel CaCO₃ mengalami dekomposisi menjadi Ca(OH)₂ dalam fasa *portlandite*. Ca(OH)₂ dalam fasa *portlandite* terbentuk karena terjadinya proses hidrasi dimana CaO yang dihasilkan mengalami kontak dengan uap air dari udara bebas, berdasarkan persamaan reaksi berikut (Ismail, 2017):



2. CaO/SiO₂ 10%



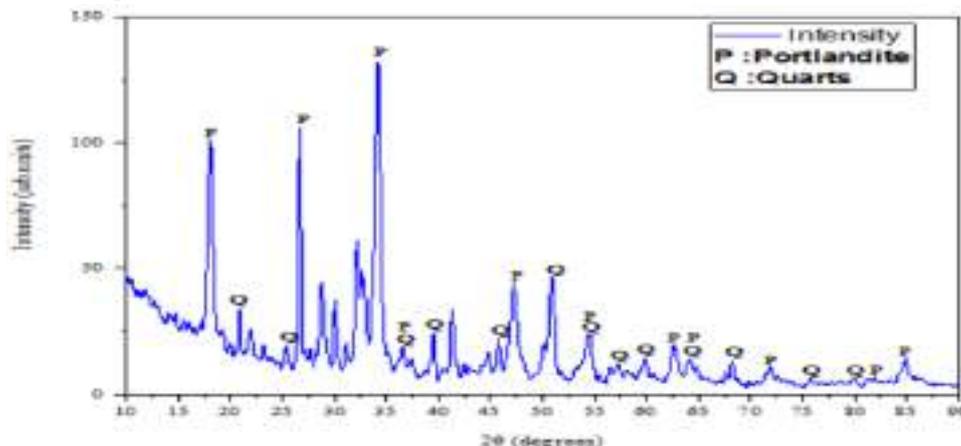
Gambar 2. Difaktogram komposisi CaO/SiO₂ 10%

Berdasarkan hasil analisis XRD, mineral yang terdapat dalam sampel katalis CaO/SiO₂ 10% yaitu Ba_{1.95}Cu₃Nd_{1.05}O_{6.95} (4,7%) dan *portlandite*(95,3%).

Fasa dalam *software match 3* adalah Nd(Ba_{1.95}Nd_{0.05})Cu₃O_{6.95} dengan rumus kimia Ba_{1.95}Cu₃Nd_{1.05}O_{6.95} muncul pada sudut 2θ [°] : 32,15 dan 50,85 dengan orientasi bidang kristal secara berturut-turut (103) dan (115). Fasa Ba_{1.95}Cu₃Nd_{1.05}O_{6.95} memiliki sistem kristal orthorombic dengan karakteristik unit sel $a \neq b \neq c$ yaitu 3,90180 Å, 3,90210 Å dan 11,70790 Å dengan $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ serta memiliki densitas 6,71700 g/cm³. Sedangkan *portlandite* dengan rumus kimia Ca(OH)₂ muncul pada sudut 2θ [°] : 18,03, 28,71, 34,17, 47,17, 50,85, 54,35 dan 62,61 dengan orientasi bidang kristal secara berturut-turut (001), (100), (101), (102), (110), (111) dan (201). Fasa *portlandit*

memiliki sistem kristal trigonal (hexagonal axes) dengan karakteristik unit sel $a=b \neq c$ yaitu 3,59247 Å dan 4,90820 Å dengan $\alpha=\beta=90^\circ$ dan $\gamma=120^\circ$ serta memiliki densitas 2,24200 g/cm³.

3. CaO/SiO₂ 20%

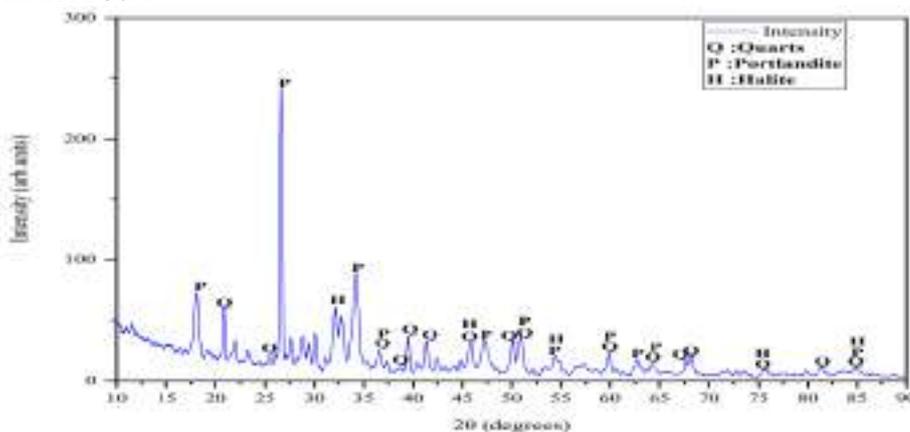


Gambar 3. Difaktogram komposisi CaO/SiO₂ 20%

Berdasarkan hasil analisis XRD, mineral yang terdapat dalam sampel katalis CaO/SiO₂ 20% yaitu *portlandite* (72,3%) dan *quartz*(27,7%).

Fasa dalam *software match 3* adalah *portlandite* dengan rumus kimia Ca(OH)₂ muncul pada sudut 2θ [°] : 18,05; 28,77; 34,; 36,57; 47,23; 50,91; 54,47; 62,57; 64,17; 71,85; 81,95 dan 84,91 dengan orientasi bidang kristal secara berturut-turut (001), (100), (101), (002), (102), (110), (111), (201), (112), (202), (210) dan (211). Fasa *portlandite* memiliki sistem kristal trigonal (hexagonal axes) dengan karakteristik unit sel $a=b \neq c$ yaitu 3,5956 Å dan 4,9280 Å dengan $\alpha=\beta=90^\circ$ dan $\gamma=120^\circ$ serta memiliki densitas 2,229 g/cm³ . Sedangkan *quartz* dengan rumus kimia SiO₂ muncul pada sudut 2θ [°] : 21,89; 26,67; 36,57; 39,53; 45,75; 50,17; 54,47; 57,23; 59,91; 64,17; 67,59; 68,19; 75,75; 79,93 dan 84,91 dengan orientasi bidang kristal secara berturut-turut (100), (101), (110), (102), (201), (112), (202), (210), (211), (113), (212), (301), (302), (221) dan (204) . Fasa *quartzs* memiliki sistem kristal trigonal (hexagonal axes) dengan karakteristik unit sel $a=b \neq c$ yaitu 4,9384 Å dan 5,4213 Å dengan $\alpha=\beta=90^\circ$ dan $\gamma=120^\circ$ serta memiliki densitas 2,914 g/cm³ .

4. CaO/SiO₂ 30%



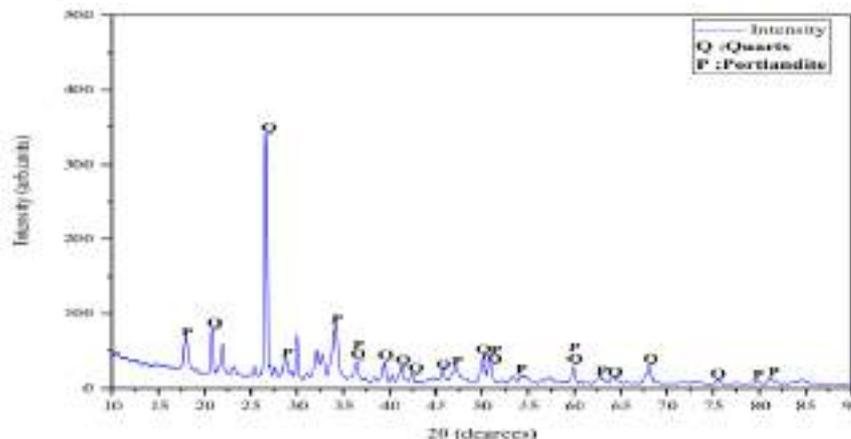
Gambar 4. Difaktogram komposisi CaO/SiO₂ 30%

Berdasarkan hasil analisis XRD, mineral yang terdapat dalam sampel katalis CaO/SiO₂ 30% yaitu *quartz* (76,0%), *portlandite* (18,0%) dan *halite* (6.0%).

Fasa dalam *software match 3* adalah *quartz* dengan rumus kimia SiO₂ muncul pada sudut 2θ [°] : 20,87; 36,57; 42,47; 54,89; 67,65; 75,81 dan 84,77 dengan orientasi bidang kristal secara berturut-turut (100), (110), (200), (103), (212), (302) dan (204). Fasa *quartz* memiliki sistem kristal trigonal (hexagonal axes) dengan karakteristik unit sel $a=b \neq c$ yaitu 4,9297 Å dan 5,4151 Å dengan $\alpha=\beta=90^\circ$ dan $\gamma=120^\circ$ serta memiliki densitas 2,245 g/cm³ . Sedangkan *portlandite* dengan rumus kimia Ca(OH)₂ muncul pada sudut 2θ [°] : 17,97; 18,15; 28,81; 34,21; 47,17; 54,35; 62,71 dan

84,77 dengan orientasi bidang kristal secara berturut-turut (001), (001), (100), (101), (102), (111), (201) dan (211). Fasa portlandite memiliki sistem kristal trigonal (hexagonal axes) dengan karakteristik unit sel $a=b \neq c$ yaitu 3,5890 Å dan 4,9110 Å dengan $\alpha=\beta=90^\circ$ dan $\gamma=120^\circ$ serta memiliki densitas 2,245 g/cm³ dan halite dengan rumus kimia NaCl muncul pada sudut 2θ [°] : 27,65; 32,13; 45,77; 54,35; 75,81 dan 84,77 dengan orientasi bidang kristal secara berturut-turut (100), (101), (102), (111), (004) dan (211). Fasa halite memiliki sistem kristal kubik dengan karakteristik unit sel $a=b=c$ yaitu 5,6162 Å dengan $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$ serta memiliki densitas 2,191 g/cm³.

5. CaO/SiO₂ 40%

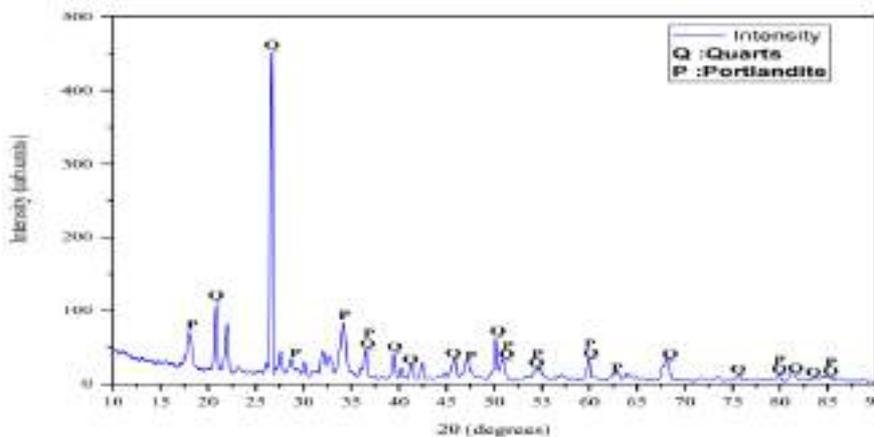


Gambar 5. Difaktogram komposisi CaO/SiO₂ 40%

Berdasarkan hasil analisis XRD, mineral yang terdapat dalam sampel katalis CaO/SiO₂ 40% yaitu *quartz* (87,5%) dan *portlandite*(12,5%).

Fasa dalam *software match 3* adalah *quartz* dengan rumus kimia SiO₂ muncul pada sudut 2θ [°] : 20,83; 39,45; 42,39; 50,85; 68,15; 75,59 dan 81,07 dengan orientasi bidang kristal secara berturut-turut (100), (102), (200), (003), (301), (302) dan (310). Fasa *quartz* memiliki sistem kristal trigonal (hexagonal axes) dengan karakteristik unit sel $a=b \neq c$ yaitu 4,9384 Å dan 5,4213 Å dengan $\alpha=\beta=90^\circ$ dan $\gamma=120^\circ$ serta memiliki densitas 2,614 g/cm³. Sedangkan portlandite dengan rumus kimia Ca(OH)₂ muncul pada sudut 2θ [°] : 18,05; 28,77; 36,49; 47,09; 54,29; 62,73 dan 79,71 dengan orientasi bidang kristal secara berturut-turut (001), (100), (002), (102), (111), (201) dan (113). Fasa *portlandite* memiliki sistem kristal trigonal (hexagonal axes) dengan karakteristik unit sel $a=b \neq c$ yaitu 3,5844 Å dan 4,8962 Å dengan $\alpha=\beta=90^\circ$ dan $\gamma=120^\circ$ serta memiliki densitas 2,258 g/cm³.

6. CaO/SiO₂ 50%



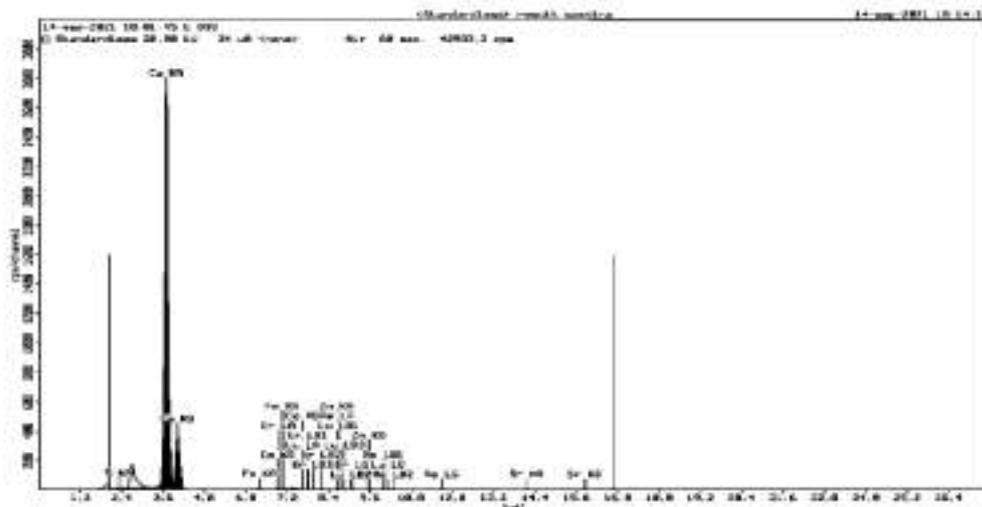
Gambar 6. Difaktogram komposisi CaO/SiO₂ 50%

Berdasarkan hasil analisis XRD, mineral yang terdapat dalam sampel katalis CaO/SiO₂ 50% yaitu *quartz* (89,6%) dan *portlandite*(10,4%).

Fasa dalam *software match* 3 adalah *quartz* dengan rumus kimia SiO_2 muncul pada sudut 2θ [$^\circ$] : 20,85; 39,47; 42,43; 54,85; 66,11; 79,77 dan 84,79 dengan orientasi bidang kristal secara berturut-turut (100), (102), (200), (202), (301), (221) dan (204). Fasa *quartz* memiliki sistem kristal trigonal (hexagonal axes) dengan karakteristik unit sel $a=b \neq c$ yaitu 4,9297 Å dan 5,4151 Å dengan $\alpha=\beta=90^\circ$ dan $\gamma=120^\circ$ serta memiliki densitas 2,626 g/cm³. Sedangkan *portlandite* dengan rumus kimia Ca(OH)_2 muncul pada sudut 2θ [$^\circ$] : 17,95; 28,71; 34,17; 47,19; 54,85; 62,93; 79,77 dan 84,79 dengan orientasi bidang kristal secara berturut-turut (001), (100), (101), (102), (111), (201), (113) dan (211). Fasa *portlandite* memiliki sistem kristal trigonal (hexagonal axes) dengan karakteristik unit sel $a=b \neq c$ yaitu 3,5844 Å dan 4,8962 Å dengan $\alpha=\beta=90^\circ$ dan $\gamma=120^\circ$ serta memiliki densitas 2,258 g/cm³.

B. Hasil Karakterisasi Menggunakan XRF

Karakterisasi menggunakan X-Ray Fluorescence bertujuan untuk mengetahui komposisi oksida dan unsur-unsur yang terkandung dalam katalis berdasarkan variasi massa CaCO_3 . Berikut adalah spektra hasil analisis XRF pada sampel katalis CaO/SiO_2 0%.



Gambar 7. Spektra XRF Katalis CaO/SiO_2 0%

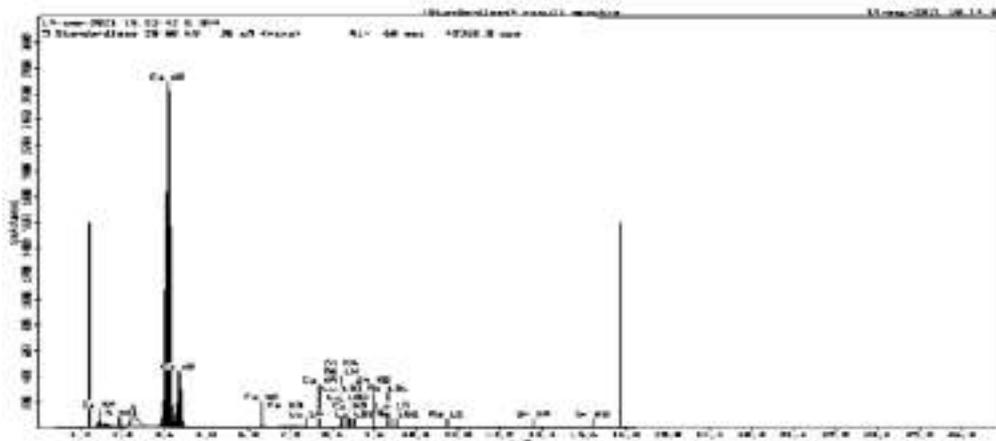
Berdasarkan hasil analisis XRF tersebut pada CaO/SiO_2 0% mengandung 9 jenis unsur yaitu S, Ca, Fe, Co, Zn, Sr, Er, Lu dan Re dengan intensitas, energy dan karakteristik sinar-X yang berbeda-beda. Jika ditinjau dari besarnya intensitas yang dihasilkan maka kandungan unsur tertinggi adalah Ca. Hal ini didukung oleh data kuantitatif berupa kandungan komposisi unsur serta senyawa oksida pada sampel yang tertera pada tabel 1.

Tabel 1. Kandungan Unsur dan Senyawa Oksida dalam Katalis CaO/SiO_2 0%

Komposisi Unsur	Komposisi Senyawa	% Unsur	% Senyawa
S	SO_3	0.069	0.14
Ca	CaO	98.89	99.02
Fe	Fe_2O_3	0.15	0.14
Co	Co_3O_4	0.075	0.067
Zn	ZnO	0.05	0.04
Sr	SrO	0.39	0.3
Er	Er_2O_3	0.2	0.1
Lu	Lu_2O_3	0.18	0.13
Re	Re_2O_7	0.04	0.03

Berdasarkan 1 tampak bahwa terdapat unsur yang memiliki komposisi yang cukup besar dalam sampel yaitu Ca dengan presentase unsur 98,89% sedangkan kandungan unsur-unsur lainnya masih tergolong rendah karena kurang dari 1%. Jika dalam bentuk senyawa oksida maka komposisi

senyawa oksida tertinggi adalah CaO dengan presentase 99,02% sedangkan komposisi senyawa oksida lainnya memiliki presentase kurang dari 1%.



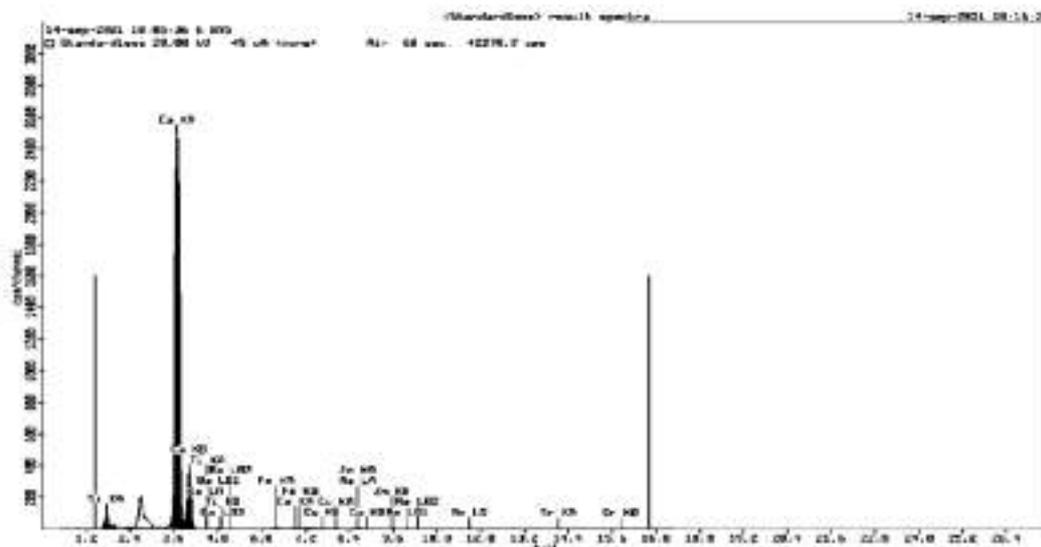
Gambar 8. Spektra XRF Katalis CaO/SiO₂ 10%

Berdasarkan hasil analisis XRF pada katalis CaO/SiO₂ 10% mengandung 9 jenis unsur yaitu Si, S, Ca, Fe, Cu, Zn, Sr, Lu dan Re dengan intensitas, energy dan karakteristik sinar-X yang berbeda-beda. Jika ditinjau dari besarnya intensitas yang dihasilkan maka kandungan unsur tertinggi adalah Ca dan Si. Hal ini didukung oleh data kuantitatif berupa kandungan komposisi unsur serta senyawa oksida pada sampel seperti tertera pada tabel 2.

Tabel 2. Kandungan Unsur dan Senyawa Oksida dalam Katalis CaO/SiO₂ 10%

Komposisi Unsur	Komposisi Senyawa	% Unsur	% Senyawa
Si	SiO ₂	6.6	11.7
S	SO ₃	0.092	0.18
Ca	CaO	92.48	87.53
Fe	Fe ₂ O ₃	0.17	0.15
Cu	CuO	0.036	0.027
Zn	ZnO	0.06	0.045
Sr	SrO	0.37	0.26
Lu	Lu ₂ O ₃	0.17	0.12
Re	Re ₂ O ₇	0.02	0.02

Berdasarkan tabel 2 tampak bahwa terdapat unsur yang memiliki komposisi yang cukup besar didalam sampel yaitu Ca dan Si dengan presentase unsur masing-masing 92,48% dan 6,6% sedangkan kandungan unsur-unsur lainnya masih tergolong rendah karena kurang dari 1%. Jika dalam bentuk senyawa oksida maka komposisi senyawa oksida tertinggi adalah CaO dengan presentase 87,53% dan diikuti oleh senyawa SiO₂ dengan presentase 117% sedangkan komposisi senyawa oksida lainnya memiliki presentase kurang dari 1%.



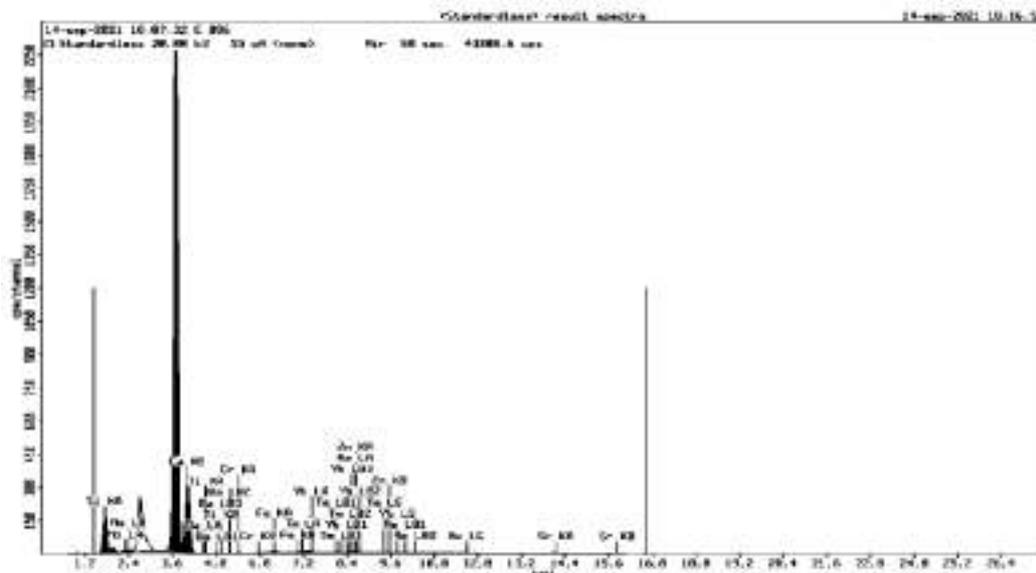
Gambar 9. Spekta Hasil Analisis XRF Katalis CaO/SiO₂ 20%

Berdasarkan hasil analisis XRF pada katalis CaO/SiO₂ 20% mengandung 10 jenis unsur yaitu Si, Ca, Ti, Fe, Co, Cu, Zn, Sr, Ba dan Re dengan intensitas, energy dan karakteristik sinar-X yang berbeda-beda. Jika ditinjau dari besarnya intensitas yang dihasilkan maka kandungan unsur tertinggi adalah Ca dan Si. Hal ini didukung oleh data kuantitatif berupa kandungan komposisi unsur serta senyawa oksida pada sampel seperti tertera pada tabel 3.

Tabel 3. Kandungan Unsur dan Senyawa Oksida dalam Katalis CaO/SiO₂ 20%

Komposisi Unsur	Komposisi Senyawa	% Unsur	% Senyawa
Si	SiO ₂	12.1	20.8
Ca	CaO	86.83	78.44
Ti	TiO ₂	0.02	0.02
Fe	Fe ₂ O ₃	0.17	0.14
Co	Co ₃ O ₄	0.083	0.069
Cu	CuO	0.045	0.032
Zn	ZnO	0.089	0.064
Sr	SrO	0.36	0.24
Ba	BaO	0.2	0.1
Re	Re ₂ O ₇	0.05	0.04

Berdasarkan tabel 3 tampak bahwa terdapat unsur yang memiliki komposisi yang cukup besar didalam sampel yaitu Ca dan Si dengan presentase unsur masing-masing 86,83% dan 12,1% sedangkan kandungan unsur-unsur lainnya masih tergolong rendah karena kurang dari 1%. Jika dalam bentuk senyawa oksida maka komposisi senyawa oksida tertinggi adalah CaO dengan presentase 78,44% dan diikuti oleh senyawa SiO₂ dengan presentase 20,8% sedangkan komposisi senyawa oksida lainnya memiliki presentase kurang dari 1%.



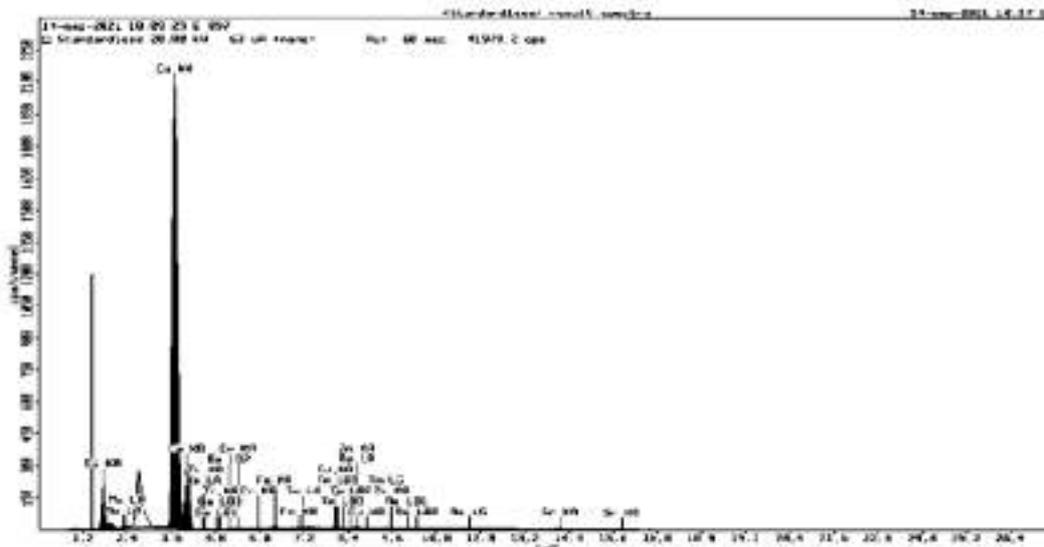
Gambar 10. Spekta Hasil Analisis XRF Katalis CaO/SiO₂ 30%

Berdasarkan hasil analisis XRF pada katalis CaO/SiO₂ 30% mengandung 12 jenis unsur yaitu Si, Ca, Ti, Cr, Fe, Zn, Sr, Mo, Tm, Yb dan Re dengan intensitas, energy dan karakteristik sinar-X yang berbeda-beda. Jika ditinjau dari besarnya intensitas yang dihasilkan maka kandungan unsur tertinggi adalah Ca dan Si. Hal ini didukung oleh data kuantitatif berupa kandungan komposisi unsur serta senyawa oksida pada sampel seperti tertera pada tabel 4.

Tabel 4. Kandungan Unsur dan Senyawa Oksida dalam Katalis CaO/SiO₂ 30%

Komposisi Unsur	Komposisi Senyawa	% Unsur	% Senyawa
Si	SiO ₂	20.2	33
Ca	CaO	77.77	65.5
Ti	TiO ₂	0.04	0.03
Cr	Cr ₂ O ₃	0.047	0.037
Fe	Fe ₂ O ₃	0.18	0.13
Zn	ZnO	0.074	0.048
Sr	SrO	0.33	0.2
Mo	MoO ₃	0.56	0.59
Ba	BaO	0.1	0.09
Tm	Tm ₂ O ₃	0.35	0.21
Yb	Yb ₂ O ₃	0.3	0.18
Re	Re ₂ O ₇	0.03	0.02

Berdasarkan tabel 4 tampak bahwa terdapat unsur yang memiliki komposisi yang cukup besar didalam sampel yaitu Ca dan Si dengan presentase unsur masing-masing 77,77% dan 20,2% sedangkan kandungan unsur-unsur lainnya masih tergolong rendah karena kurang dari 1%. Jika dalam bentuk senyawa oksida maka komposisi senyawa oksida tertinggi adalah CaO dengan presentase 65,5% dan diikuti oleh senyawa SiO₂ dengan presentase 33% sedangkan komposisi senyawa oksida lainnya memiliki presentase kurang dari 1%.



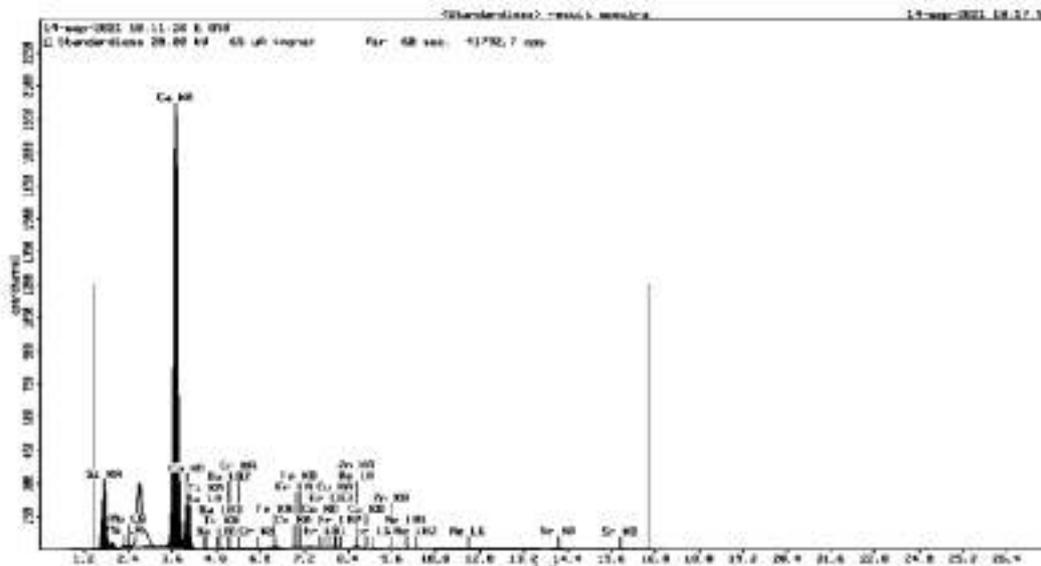
Gambar 11. Spektra Hasil Analisis XRF Katalis CaO/SiO₂ 40%

Berdasarkan hasil analisis XRF pada katalis CaO/SiO₂ 40% mengandung 12 jenis unsur yaitu Si, Ca, Ti, Cr, Fe, Cu, Zn, Sr, Mo, Ba, Tm dan Re dengan intensitas, energy dan karakteristik sinar-X yang berbeda-beda. Jika ditinjau dari besarnya intensitas yang dihasilkan maka kandungan unsur tertinggi adalah Ca dan Si. Hal ini didukung oleh data kuantitatif berupa kandungan komposisi unsur serta senyawa oksida pada sampel yang tertera pada tabel 5.

Tabel 5. Kandungan Unsur dan Senyawa Oksida dalam Katalis CaO/SiO₂ 40%

Komposisi Unsur	Komposisi Senyawa	% Unsur	% Senyawa
Si	SiO ₂	28.7	44.6
Ca	CaO	69.37	54.02
Ti	TiO ₂	0.04	0.04
Cr	Cr ₂ O ₃	0.056	0.039
Fe	Fe ₂ O ₃	0.18	0.12
Cu	CuO	0.02	0.01
Zn	ZnO	0.069	0.041
Sr	SrO	0.3	0.17
Mo	MoO ₃	0.69	0.69
Ba	BaO	0.2	0.1
Tm	Tm ₂ O ₃	0.29	0.16
Re	Re ₂ O ₇	0.1	0.07

Berdasarkan tabel 5 tampak bahwa terdapat unsur yang memiliki komposisi yang cukup besar didalam sampel yaitu Ca dan Si dengan presentase unsur masing-masing 69,73% dan 28,7% sedangkan kandungan unsur-unsur lainnya masih tergolong rendah karena kurang dari 1%. Jika dalam bentuk senyawa oksida maka komposisi senyawa oksida tertinggi adalah CaO dengan presentase 54,02% dan diikuti oleh senyawa SiO₂ dengan presentase 44,6% sedangkan komposisi senyawa oksida lainnya memiliki presentase kurang dari 1%.



Gambar 12. Spektra Hasil Analisis XRF Katalis CaO/SiO₂ 50%

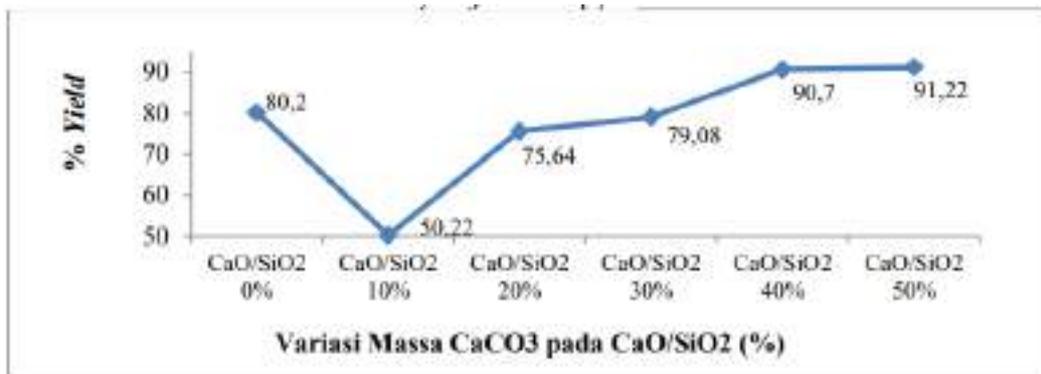
Berdasarkan hasil analisis XRF pada katalis CaO/SiO₂ 50% mengandung 13 jenis unsur yaitu Si, Ca, Ti, Cr, Fe, Co, Cu, Zn, Sr, Mo, Ba, Er dan Re dengan intensitas, energi, dan karakteristik sinar-X yang berbeda-beda. Jika ditinjau dari besarnya intensitas yang dihasilkan maka kandungan unsur tertinggi adalah Ca dan Si. Hal ini didukung oleh data kuantitatif berupa kandungan komposisi unsur serta senyawa oksida pada sampel yang tertera pada tabel 6.

Tabel 6. Kandungan Unsur dan Senyawa Oksida dalam Katalis CaO/SiO₂ 50%

Komposisi Unsur	Komposisi Senyawa	% Unsur	% Senyawa
Si	SiO ₂	32.4	49.2
Ca	CaO	65.74	49.44
Ti	TiO ₂	0.05	0.04
Cr	Cr ₂ O ₃	0.058	0.039
Fe	Fe ₂ O ₃	0.15	0.1
Co	Co ₃ O ₄	0.03	0.02
Cu	CuO	0.044	0.025
Zn	ZnO	0.087	0.049
Sr	SrO	0.35	0.19
Mo	MoO ₃	0.73	0.68
Ba	BaO	0.2	0.1
Er	Er ₂ O ₃	0.07	0.04
Re	Re ₂ O ₇	0.1	0.07

Berdasarkan tabel 6 tampak bahwa terdapat unsur yang memiliki komposisi yang cukup besar didalam sampel yaitu Ca dan Si dengan presentase unsur masing-masing 65,74% dan 32,4% sedangkan kandungan unsur-unsur lainnya masih tergolong rendah karena kurang dari 1%. Jika dalam bentuk senyawa oksida maka komposisi senyawa oksida tertinggi adalah CaO dengan presentase 49,44% dan diikuti oleh senyawa SiO₂ dengan presentase 49,4% sedangkan komposisi senyawa oksida lainnya memiliki presentase kurang dari 1%.

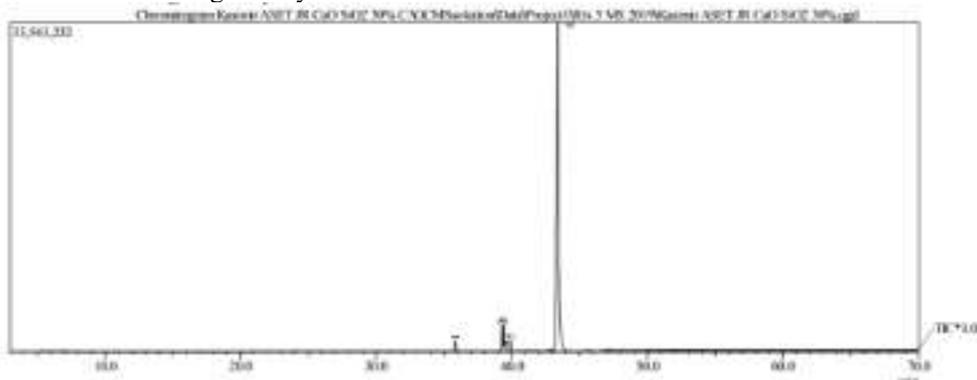
C. Hasil Reaksi Transesterifikasi Minyak Jarak Kepyar



Gambar 13. Grafik Pengaruh Komposisi CaO/SiO₂ Terhadap Yield Metil Ester

Berdasarkan grafik yang disajikan pada gambar 13, terlihat bahwa yield metil ester tertinggi pada komposisi katalis CaO/SiO₂ 50% sebesar 91,22% dan dari data tersebut yield metil ester terendah terdapat pada komposisi katalis CaO/SiO₂ 10% sebesar 50,22%. Berdasarkan hasil analisis XRD, terdapat puncak Ca(OH)₂ yang menyebabkan kekuatan basa pada katalis CaO menurun sehingga katalis bekerja kurang efektif dan yield yang dihasilkan menurun. Uap air yang terserap pada permukaan katalis memicu terjadinya reaksi hidrolisis pada ester yang dihasilkan yang akibatnya akan terbentuk sabun. Berdasarkan hasil analisis XRF, unsur Ca dalam bentuk oksidanya CaO semakin meningkat dengan bertambahnya CaCO₃ pada sintesis katalis dengan penyangga SiO₂ yang akan menyebabkan penumpukan fasa aktif pada permukaan katalis sehingga minyak sulit berinteraksi dengan situs basa pada katalis dan menyebabkan menurunnya yield metil ester.

D. Analisis Kandungan Senyawa Metil Ester



Gambar 14. Kromatogram GC Metil Ester dari Minyak Biji Jarak Kepyar dengan Katalis CaO/SiO₂ 50%

Tabel 7. Kandungan Senyawa Metil Ester berdasarkan Hasil GC-MS

Peak	Rt	Jenis Senyawa	% Senyawa
1	35,821	Metil Palmitat	1,09
2	39,296	Metil Linoleat	3,85
3	39,421	Metil Oleat	3,04
4	39,525	Metil Oleat	0,36
5	39,891	Metil Stearat	1,14
6	43,425	Metil Risinoleat	90,52

Dari gambar 14 tampak hasil kromatogram GC metil ester dari minyak jarak kepyar yang menunjukkan terdapat 6 puncak yang artinya terdapat 6 senyawa metil ester dengan % area yang berbeda-beda. Dari data kromatogram, komposisi senyawa paling melimpah dalam sampel ditunjukkan pada peak waktu retensi 43,43 konsentrasi sebesar 90,52%.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis XRD fasa kristal katalis CaO/SiO₂ berdasarkan variasi massa CaCO₃ menunjukkan bahwa pada komposisi CaO/SiO₂ 10% terdiri dari fasa Ba_{1.95}Cu₃Nd_{1.05}O_{6.95} sebanyak 4,7% dan portlandite sebanyak 95,3%. Pada komposisi CaO/SiO₂ 20% terdiri dari fasa portlandite sebanyak 72,3% dan quartz sebanyak 27,7%. Pada komposisi CaO/SiO₂ 30% terdiri dari fasa quartz sebanyak 76,0%, portlandite sebanyak 18,0% dan halite sebanyak 6,0%. Pada komposisi CaO/SiO₂ 40% terdiri dari fasa quartz sebanyak 87,5% dan portlandite sebanyak 12,5%. Pada komposisi CaO/SiO₂ 50% terdiri dari fasa quartz sebanyak 89,6% dan portlandite sebanyak 10,4% sementara berdasarkan hasil analisis XRF komposisi unsur katalis CaO/SiO₂ berdasarkan variasi massa CaCO₃ menunjukkan bahwa kandungan unsur tertinggi ialah unsur Ca dan Si dalam bentuk oksidanya CaO dan SiO₂. Pada variasi massa CaCO₃ katalis CaO/SiO₂ yield metil ester tertinggi adalah komposisi CaO/SiO₂ 50% sebesar 91,22% dan yield metil ester terendah pada komposisi katalis CaO/SiO₂ 10% sebesar 50,22%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. Devita, "Biodiesel sebagai bioenergi alternatif dan prospektif," vol. 9, pp. 23–26, 2015.
- [2] T. Kusumaningsih and R. Saryoso, "Pembuatan Bahan Bakar Biodisel dari Minyak Jarak; Pengaruh Suhu dan Konsentrasi KOH pada Reaksi Transesterifikasi Berbasis Katalis Basa," *Bioteknologi*, vol. 3, no. 1, pp. 20–26, 2006, doi: 10.13057/biotek/c030104.
- [3] R. Maulana, Z. Helwani, and E. Saputra, "Preparasi Katalis CaO/Fly Ash dan Penggunaannya pada Reaksi Transesterifikasi Minyak Sawit Off-Grade menjadi Biodiesel," *J. Online Mhs.*, vol. 4, 2017.
- [4] S. Y. Bili, "Analisis Struktur Kristal Katalis CaO/SiO₂ berdasarkan Variasi Komposisi SiO₂ dan Uji Aktivitas pada Reaksi Transesterifikasi Minyak Jarak Kepyar," 2021.
- [5] K. N. Mali, *Kajian Struktur Kristal Katalis CaO-ZAA berdasarkan Variasi Komposisi dan Suhu Kalsinasi CaO, serta Aplikasinya pada Reaksi Transesterifikasi minyak Biji Kelor*. Kupang: Universitas Nusa Cendana, 2019.
- [6] S. Oko and M. Feri, "Pengembangan Katalis Cao Dari Cangkang Telur Ayam Dengan Impregnasi Koh Dan Aplikasinya Terhadap Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Jarak," vol.11, no. 2, pp. 103–110, 2019.
- [7] A. Y. Ndak, K. Sarifudin, and Sudirman, "Pengaruh Komposisi SiO₂ pada Katalis CaO/SiO₂ terhadap Karakter Morfologi Permukaan, Ukuran Partikel dan Rendamen Metil Ester Reaksi Transesterifikasi Minyak Jarak," *Beta Kim.*, vol. 1, no. November, pp. 64–77, 2021.

Pengembangan Video Motivasi Berbasis Etnosains Menggunakan Kinemaster Pada Sub Materi Interaksi Partikel Terhadap Perubahan Sifat Fisika Zat Dalam Materi Ikatan Kimia

Luisa Frare¹, Lolita A. M. Parera², Arvinda, C. Lalang³
Program Studi Pendidikan Kimia, FKIP Universitas Nusa Cendana
Jl. Adisucipto Penfui, Kupang NTT 85001 Indonesia
Email korespondensi: slovrha@gmail.com

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian dengan judul pengembangan video motivasi berbasis etnosains menggunakan kinemaster pada sub materi interaksi partikel terhadap perubahan sifat fisika zat dalam materi ikatan kimia, bertujuan untuk mengetahui wujud pengembangan video motivasi dalam pembelajaran yang berbasis etnosains pada sub materi interaksi partikel terhadap perubahan sifat fisika zat dalam materi ikatan kimia dan untuk mengetahui kelayakannya. Video ini dibuat menggunakan aplikasi *Kinemaster* dengan bantuan pengeditan menggunakan *Microsoft Power Point*. Pengembangan ini dilakukan mengikuti langkah-langkah model rancangan dari Borg & Gall (1983) yang dimodifikasi sesuai kebutuhan peneliti yang dibagi menjadi 6 langkah, yaitu: (1) penelitian dan pengumpulan informasi, (2) perencanaan, (3) pengembangan bentuk produk pendahuluan, (4) uji coba pendahuluan, (5) revisi desain, (6) uji coba utama. Hasil penilaian ahli instrumen memperoleh presentase keidealan 95,23%, sedangkan pada ahli materi dan ahli media memperoleh presentase keidealan masing-masing 98% untuk ahli materi dan 96,47% untuk ahli media. Hasil penilaian uji kelompok kecil pada 8 peserta didik memperoleh persentase keidealan 90% sedangkan uji kelompok besar pada 32 peserta didik memperoleh persentase keidealan 96,25%. Berdasarkan hasil penilaian uji ahli dan uji lapangan yang terdiri atas kelompok kecil dan uji kelompok besar terhadap video motivasi berbasis etnosains menggunakan kinemaster pada sub materi interaksi partikel terhadap perubahan sifat fisika zat dalam materi ikatan kimia ini layak untuk digunakan sebagai media dalam kegiatan pembelajaran.

Kata Kunci: Pengembangan, Video Motivasi, Etnosains, Kinemaster, Microsoft Power Point.

ABSTRACT

Research has been carried out under the title development of ethnoscience-based motivational videos using kinemaster in the sub-material of particle interaction to changes in the physical properties of substances in chemical bonding material, aiming to find out the form of developing motivational videos in ethno-science-based learning in the sub-material of particle interactions to changes in the physical properties of substances in chemical bonding material and to determine its feasibility. This video was made using the Kinemaster application with editing assistance using Microsoft Power Point. This development was carried out following the steps of the design model from Borg & Gall (1983) which were modified according to the needs of researchers which were divided into 6 steps, namely: (1) research and information gathering, (2) planning, (3) development of preliminary product forms, (4) preliminary trials, (5) design revisions, (6) main trials. The results of the assessment of the instrument experts obtained an ideal percentage of 95.23%, while the material experts and media experts obtained an ideal percentage of 98% respectively for material experts and 96.47% for media experts. The results of the small group test assessment on 8 students obtained an ideal percentage of 90% while the large group test on 32 students obtained an ideal percentage of 96.25%. Based

on the results of expert test assessments and field tests consisting of small groups and large group tests on ethnoscience-based motivational videos using kinemaster in the particle interaction sub-material on changes in the physical properties of substances in chemical bonding material, this material is feasible to be used as a medium in learning activities.

Keyword: *Development, Motivation Video, Escience, Kinemaster, Microsoft Power Point*

PENDAHULUAN

Peran pendidikan dalam mengembangkan pembelajaran berbasis kearifan lokal masih belum optimal, sehingga dalam kurikulum merdeka saat ini, dimana guru ditekankan untuk membuat media pembelajaran berdasarkan konteks, karakteristik dan potensi dari masing-masing daerah [1]. Dalam pendidikan berbasis kearifan lokal dapat mengajarkan peserta didik untuk dapat memahami materi dengan baik saat dikoneksikan dengan pengetahuan budaya dan pembelajaran saat ini mengutamakan terwujudnya karakter yang baik pada peserta didik [2].

Pada penggunaan etnosains sebagai pendekatan yang diharapkan mampu mewujudkan hal tersebut. Namun, yang dilihat dilapangan hingga saat ini pendekatan etnosains belum banyak dilakukan dalam pembelajaran kimia di SMA [3]. Salah satu materi kimia yang dianggap sulit adalah materi ikatan kimia yang diajarkan pada kelas X semester ganjil [4].

Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan terhadap guru dan peserta didik di SMAN 3 Kupang Timur ditemukan bahwa: 1) peserta didik belum mampu menghayati dan menghubungkan konsep materi ikatan kimia terhadap budaya dan kearifan lokal NTT, 2) kurangnya tingkat pemahaman konsep materi ikatan kimia hal ini dibuktikan oleh nilai rata-rata UTS pada materi ikatan kimia yaitu 34,56 dimana belum mencapai KKM yaitu 75, 3) guru belum pernah memberikan motivasi yang berkaitan dengan kearifan lokal pada materi ikatan kimia dan hanya menggunakan metode ceramah yang terkesannya monoton. Permasalahan yang terjadi dapat diatasi dengan melakukan pendekatan etnosains yang dapat diterapkan melalui pemberian motivasi dalam pembelajaran kimia. Trik ini digunakan agar dalam penyampaian motivasi dengan mengaitkan materi kimia dalam kehidupan sehari-hari dapat menarik perhatian dari peserta didik [5]. Salah satu contoh budaya kearifan lokal NTT yang dipilih adalah kain tenun ikat Umpara dari desa Ternate, kabupaten Alor. Pemilihan proses pewarnaan kain tenun ikat dari daerah tersebut dikarenakan keunikan bahan alami yang digunakan yaitu berasal dari tumbuh-tumbuhan dan biota laut seperti warna ungu dari teripang, warna hitam dari tinta cumi-cumi, warna biru dari rumput laut dan pada pewarna alami dari tumbuhan yaitu, warna hijau dari daun widuri, warna coklat dari kulit akar mengkudu, dan warna kuning dari kunyit. Dilihat dari hasil pewarnaan kain tenun Alor yang begitu unik, sehingga peneliti ingin mengemas motivasi ini dalam bentuk media video yang berkaitan dengan sub materi interaksi partikel terhadap perubahan sifat fisika zat dalam materi ikatan kimia. karena dengan adanya video sebagai media dapat membangkitkan ketertarikan peserta didik dan dapat membangkitkan rasa penasaran atau rasa ingin tahu mereka. Pada pembuatan video motivasi ini peneliti memilih aplikasi kinemaster, Karena mudah digunakan untuk semua kalangan dan tidak ada batasan umur dan dapat diinstal secara gratis di *handphone android* dengan kapasitas penyimpanan aplikasi yang sangat kecil, dan terdapat banyak *tools-tools* yang ditampilkan yang dapat dipilih sesuai keinginan pengguna [6].

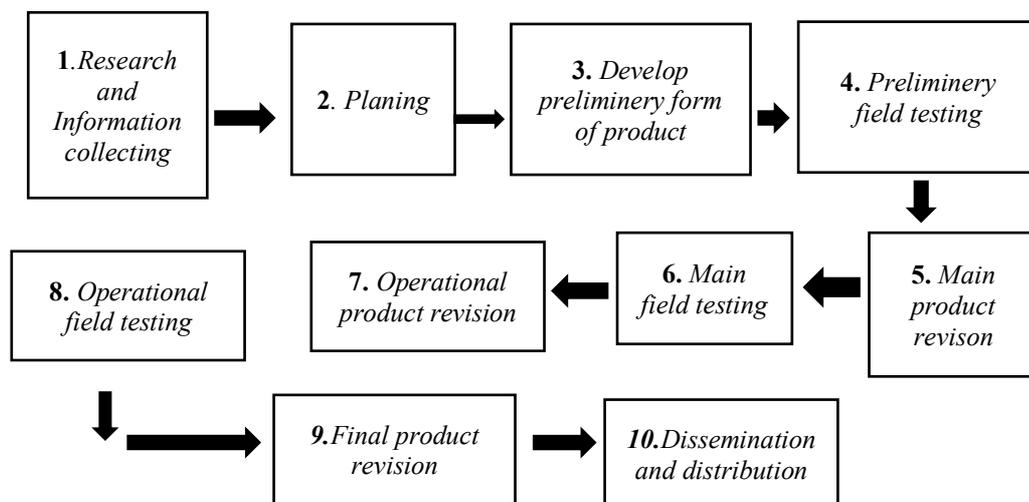
Dalam penggunaan kinemaster ini terbukti efektif juga, yang dibuktikan oleh peneliti-peneliti sebelumnya ada Fransiska [7] dan Orin [8] menunjukkan video pembelajaran menggunakan kinemaster layak digunakan oleh guru dan peserta didik dalam kegiatan pembelajaran, selanjutnya ada anissa [9] menunjukkan bahwa video animasi layak digunakan sebagai alat bantu proses dalam pembelajaran. Sehingga dalam hal ini peneliti juga tertarik dalam penelitian yang berjudul "Pengembangan Video Motivasi Berbasis Etnosains Menggunakan Kinemaster Pada Sub Materi Interaksi Partikel Terhadap Perubahan Sifat Fisika Zat Dalam Materi Ikatan Kimia"

METODE

1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini menggunakan penelitian dan pengembangan (*Research and Development*). Penelitian dan Pengembangan merupakan suatu proses untuk mengembangkan suatu produk baru atau menyempurnakan produk yang telah ada dan dapat dipertanggungjawabkan [10].

Model yang dipilih adalah modifikasi dari model penelitian dan pengembangan pendidikan oleh Borg & Gall. Model penelitian pengembangan oleh Borg & Gall menyatakan bahwa prosedur penelitian pengembangan pada dasarnya terdiri dari dua tujuan utama yaitu mengembangkan produk dan menguji keefektifan produk dalam mencapai tujuan. Tujuan pertama disebut sebagai fungsi pengembangan sedangkan tujuan kedua disebut sebagai validasi. Secara konseptual, pendekatan penelitian dan pengembangan mencakup 10 langkah umum sebagaimana diuraikan oleh Borg & Gall seperti model dibawah ini:



Gambar 1. Skema prosedur pengembangan Borg & Gall [11]

2. Instrumen Pengumpulan Data

Instrumen yang digunakan untuk mengumpulkan data adalah Lembar wawancara terhadap guru dan peserta didik, Lembar angket validasi ahli instrumen, ahli materi dan ahli media, Lembar angket kelayakan untuk peserta didik serta dokumentasi.

3. Teknik Analisis Data

a. Data Kelayakan Pengembangan Produk

Data dalam proses pengembangan produk ini bersifat deskriptif bukan angka. Analisis deskriptif merupakan suatu teknik pengolahan data yang dilakukan dengan mengelompokkan informasi-informasi dari data kualitatif yang berupa masukan, tanggapan, kritik dan saran perbaikan yang terdapat pada lembar angket maupun dari hasil wawancara.

b. Data Kelayakan Produk yang Dihasilkan

Data mengenai kelayakan produk video apersepsi diperoleh dari penilaian para ahli dan respon atau tanggapan dari peserta didik SMAN 3 Kupang Timur yang dibuat dalam bentuk skor. Data berupa masukan dirangkum dan dijadikan dasar untuk melakukan revisi produk hingga diperoleh produk akhir.

4. Analisis Data

i. Mengubah nilai kualitatif dengan menggunakan skala *Likert* dengan ketentuan:

SB (Sangat Baik)	= 5
B (Baik)	= 4
C (Cukup)	= 3
K (Kurang)	= 2

SK (Sangat Kurang) = 1

ii. Setelah data terkumpul kemudian menghitung skor rata-rata dari setiap aspek kriteria yang dinilai dengan rumus [12]:

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n}$$

Keterangan:

$\sum x$ = Jumlah Skor

\bar{X} = skor rata-rata

n = jumlah reviewer

iii. Mengubah skor yang berupa data kualitatif menjadi nilai kuantitatif dengan kategori penilaian ideal dapat dilihat pada tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Kategori Penilaian ideal

Skor	Kategori	Rentang Skor
5	Sangat Baik	$\bar{X}_i + 1,80 SB_i < X$
4	Baik	$\bar{X}_i + 0,60 SB_i < X \leq \bar{X}_i + 1,80 SB_i$
3	Sedang	$\bar{X}_i - 0,60 SB_i < X \leq \bar{X}_i + 0,60 SB_i$
2	Kurang	$\bar{X}_i - 1,80 SB_i < X \leq \bar{X}_i - 0,60 SB_i$
1	Sangat Kurang	$X \leq \bar{X}_i - 1,80 SB_i$

Sumber: [12]

Untuk setiap harga \bar{X}_i (rerata skor ideal) dan SB_i (simpangan baku skor ideal) diperoleh dengan rumus [12]:

$$\bar{X}_i = \frac{1}{2} (\text{Skor Maksimal Ideal} + \text{Skor Minimal Ideal})$$

$$SB_i = \frac{1}{6} (\text{Skor Maksimal Ideal} - \text{Skor Minimal Ideal})$$

iv. Data skor rata-rata tiap aspek dan keseluruhan aspek yang diperoleh kemudian dihitung juga dengan presentase keidealannya dengan rumus [12]:

$$\% \text{ Keidealannya} = \frac{(\text{Skor rata-rata seluruh aspek})}{(\text{Skor maksimal ideal seluruh aspek})} \times 100\%$$

Tabel 2. Presentase Kriteria Keidealannya

Skor	Kategori	Rentang Skor	Keterangan
5	Sangat Baik	$X > 80\%$	Layak digunakan tanpa revisi
4	Baik	$66,67\% < X \leq 80\%$	Layak digunakan tanpa revisi
3	Sedang	$53,5\% < X \leq 66,67\%$	Layak digunakan dengan sedikit revisi
2	Kurang	$40\% < X \leq 53,5\%$	Layak digunakan dengan banyak revisi
1	Sangat Kurang	$X \leq 40\%$	Tidak layak digunakan

Sumber: [12]

6. Analisis Data Peserta Didik

Analisis data pada peserta didik rumusnya sama dengan analisis data pada para ahli. Namun, yang membedakan adalah penilaiannya yaitu peserta didik menggunakan penilaian *Guttman*, seperti pada Tabel. 3 dibawah ini:

Tabel 3. Skala *Guttman*

Nilai	Skor
Ya	1
Tidak	0

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Penelitian

Pada penelitian ini, produk yang dihasilkan adalah video motivasi berbasis etnosains pada sub materi interaksi partikel terhadap perubahan sifat fisika zat dalam materi ikatan kimia dengan

menggunakan aplikasi *Kinemaster* dengan bantuan pengeditan desain menggunakan *Microsoft Power Point*. Pada penelitian dan pengembangan atau *Research and Development* ini menggunakan model yang dipilih yaitu Borg & Gall yang dapat dimodifikasi langkah-langkahnya yang sebelumnya ada 10 tahap dimodifikasi oleh peneliti menjadi 6 tahap yaitu, 1) Penelitian dan pengumpulan informasi, 2) Perencanaan, 3) Pengembangan bentuk produk pendahuluan, 4) Uji coba pendahuluan, 5) Revisi terhadap produk utama, 6) Uji coba utama yang didasarkan pada hasil uji coba pendahuluan.

2. Penyajian dan Hasil Analisis Data

Hasil uji coba ahli instrumen, ahli materi, ahli media dan peserta didik dapat dilihat dalam data berikut ini:

a) Validasi Instrumen

Tabel 4. Data Hasil Uji Validasi Ahli Instrumen

Aspek Penilaian	Rata-rata	% Keidealan
Kelayakan	18,67	93,35%
Kebahasaan	14,67	97,8%
Jumlah Keseluruhan	33,33	95,23%

b) Validasi Materi

Tabel 5. Data Hasil Uji Validasi Ahli Materi

Aspek Penilaian	Rata-rata	% Keidealan
Kelayakan isi	64	98,46%
Kebahasaan	9,67	96,7%
Jumlah Keseluruhan	98	98%

c) Validasi Media

Tabel 6. Data Hasil Uji Validasi Ahli Media

Aspek penilaian	Rata-rata	% Keidealan
Kegrafikan	82	96,47%

d) Uji kelayakan media video pada peserta didik

Tabel 7. Data Hasil Uji Kelayakan oleh peserta didik pada Kelompok Kecil

Aspek penilaian	Rata-rata	% Keidealan
Kualitas tampilan	11,125	85,576%
Penyajian materi	6,875	98,214%
Jumlah Keseluruhan	18	90%

Tabel 8. Data Hasil Uji Kelayakan oleh Peserta Didik pada Kelompok Besar

Aspek penilaian	Rata-rata	% Keidealan
Kualitas tampilan	12,25	94,23%
Penyajian materi	7	100%
Jumlah Keseluruhan	19,25	96,25%

3. Pembahasan Hasil Penelitian

Hasil dari penelitian awal tersebut dijadikan acuan untuk membuat suatu produk baru yang dimulai dari melakukan wawancara di sekolah, merancang produk berupa media video sampai diujicobakan untuk peserta didik. Sehingga model yang dipilih dalam pengembangan ini adalah modifikasi dari model penelitian dan pengembangan pendidikan oleh [11], dalam model pengembangan Borg & Gall memuat panduan sistematika langkah-langkah yang dilakukan oleh peneliti agar produk yang dirancang mempunyai standar kelayakan. Pada proses penelitian pengembangan ini dilakukan berdasarkan tahapan prosedur penelitian pengembangan menggunakan metode Borg & Gall yang kemudian dimodifikasi sesuai kebutuhan peneliti yaitu sampai 6 tahapan.

Berdasarkan hasil temuan peneliti, penggunaan media masih kurang dalam proses pembelajaran di kelas dan guru juga masih menggunakan metode ceramah untuk menyampaikan materi pembelajaran sehingga hanya bersifat monoton sehingga mengakibatkan peserta didik kurang termotivasi dan kurang berpartisipasi untuk mengikuti pembelajaran di kelas. Oleh karena itu membuat peneliti melihat adanya permasalahan tersebut yang terjadi dalam proses kegiatan

pembelajaran pada materi ikatan kimia, untuk itu sangatlah diperlukan media pembelajaran sebagai alat bantu peserta didik untuk memecahkan masalah belajar peserta didik agar menghasilkan pembelajaran yang efektif dan efisien.

Pada hasil penelitian pengembangan media video sebagai motivasi menggunakan kinemaster dengan durasi videonya 15 menit dalam 1 kali pertemuan pada materi ikatan kimia menggunakan silabus pada kompetensi dasar 3.7 yaitu menghubungkan interaksi antara ion, atom dan molekul dengan sifat fisika zat dan pada indikator pencapaian kompetensi yaitu menjelaskan gaya antar molekul, menjelaskan faktor yang mempengaruhi kekuatan gaya van der Waals serta dapat menjelaskan ikatan hidrogen.

Pada penelitian pengembangan media video berbasis etnosains menggunakan kinemaster mendapatkan hasil validasi dari angket instrumen secara keseluruhan dari 3 validator yaitu 33,33 dengan persentase keidealan 95,23% dan termasuk kategori sangat baik sehingga layak untuk digunakan. sehingga video motivasi berbasis etnosains ini sangat layak digunakan tanpa revisi. Hasil penilaian dan perhitungan yang dikonversi dari data kuantitatif menjadi data kualitatif. Hasil penilaian tiap aspek diperoleh 93,35% untuk aspek kelayakan, pada aspek ini terdapat tiga indikator penilaian dan pada aspek kebahasaan diperoleh persentase yaitu 97,8% termasuk kategori sangat baik, pada aspek ini terdapat dua indikator penilaian, secara garis besar kedua aspek ini yang dimaksud adalah tentang kelayakan angket materi, angket media dan angket peserta didik.

Pada hasil rata-rata validasi materi juga secara keseluruhan dari 3 validator yaitu 98 dengan persentase keidealan 98% dan termasuk kategori sangat baik sehingga video motivasi ini sangat layak digunakan tanpa revisi. Hasil penilaian dan perhitungan yang dikonversi dari data kuantitatif menjadi data kualitatif.

Hasil penilaian untuk setiap aspek diperoleh 98,46% untuk aspek kelayakan isi, pada aspek ini terdapat enam indikator penilaian secara garis besar tentang kelayakan penyajian materi secara keseluruhan tentang sub materi interaksi partikel terhadap perubahan sifat fisika zat dalam penggunaan media video sebagai motivasi yang disusun oleh peneliti. Pada aspek kebahasaan diperoleh persentase 96,7% termasuk kategori sangat baik, pada aspek ini terdapat tiga indikator penilaian secara garis besar tentang ketepatan dalam struktur kalimat, keefektifan kalimat, ketepatan penggunaan bahasa, kemampuan memotivasi pesan dan informasi, kemampuan mendorong peserta didik berpikir kritis, kesesuaian dengan tingkat perkembangan intelektual peserta didik, serta kesesuaian dengan tingkat perkembangan emosional peserta didik sehingga dalam menyusun video motivasi ini peneliti menyusun materi secara sistematis, padat dan jelas agar mencakup semua indikator penilaian tersebut.

Melihat dari kedua aspek ini yang telah dinilai oleh validator ternyata menghasilkan kriteria penilaian yang sangat baik dan layak untuk digunakan tanpa revisi, para validator materi juga memberikan saran-saran yang berguna untuk menyempurnakan lagi video motivasi ini. Oleh karena itu, peneliti melakukan revisi berdasarkan saran yang diberikan para validator materi.

Adapun hasil rata-rata validasi media secara keseluruhan dari 3 validator yaitu 82 dengan persentase keidealan 96,7% dan termasuk kategori sangat baik sehingga video sebagai motivasi ini sangat layak digunakan tanpa revisi dengan analisis perhitungan menggunakan skala *Likert* dan siap untuk diujicobakan pada peserta didik secara terbatas pada kelompok kecil maupun pada peserta didik secara luas pada kelompok besar.

Pengembangan produk media video motivasi ini telah diuji cobakan terhadap 8 peserta didik kelompok kecil dan 32 peserta didik kelompok besar di SMAN 3 Kupang Timur. Pada proses uji coba, peserta didik sangat senang karena media video yang digunakan di dalam kelas belum pernah ditampilkan.

Hasil uji kelayakan terhadap peserta didik pada aspek kegrafikan yang dinilai yaitu aspek kualitas tampilan dan penyajian materi. Hasil penilaian dan perhitungan yang dikonversi dari data kuantitatif menjadi data kualitatif dengan menggunakan skala *Guttman*. Pada hasil rata-rata keseluruhan persentase keidealan pada uji secara terbatas pada kelompok kecil adalah 18 dengan presentasi keidealan 90% dan termasuk kategori sangat baik sehingga video motivasi ini tervalid untuk diujicobakan. Sedangkan dengan hasil rata-rata keseluruhan persentase keidealan pada uji secara luas pada kelompok besar adalah 19,25 dengan presentasi keidealan 96,25% dan termasuk kategori sangat baik sehingga video motivasi ini layak digunakan tanpa revisi.

Berdasarkan hasil revisi produk angket secara keseluruhan yang dilakukan oleh validator instrumen berdasarkan saran dan komentar, maka peneliti menindaklanjuti dengan memperbaiki sesuai dengan saran-saran yang diberikan validator yaitu perlu adanya perbaikan struktur kalimat pada beberapa pernyataan sehingga lebih mudah dipahami dan tidak bermakna ganda serta pada

bagian angket materi tentang keakuratan materi pada nomor 8 ditambahkan kalimat keakuratan pemaparan konsep berbasis etnosains.

Revisi juga dilakukan peneliti berdasarkan saran dari ahli materi yaitu: 1) Perlu menambahkan sumber referensi video terkait proses pembuatan kain tenun Umpara dari Kabupaten Alor, 2) Tanda anak panah yang menunjukkan keterangan hidrogen terbalik, 3) Pada slide media video motivasi dibagian menjawab contoh soal dirapihkan. Hasil revisi media video motivasi pada bagian isi materi dapat dilihat pada tabel 9 berikut ini:

Tabel 9. Rincian sebelum dan sesudah revisi produk berdasarkan saran dari ahli materi

NO.	Sebelum Revisi	Sesudah Revisi
1.		
2.		
3.		

Pada revisi selanjutnya yang dilakukan oleh peneliti berdasarkan saran dari ahli media secara keseluruhan yaitu: 1) Pada *background* identitas perkenalan yang digunakan resolusinya jangan sampai pecah agar enak dilihat, 2) Tambahkan daftar materi dan daftar waktu, 3) Penggambaran struktur kimia pada beberapa senyawa perlu dibuat ulang dikarenakan hasil sebelumnya gambar struktur yang dihasilkan pecah-pecah, 4) Tampilan reaksi struktur kimia antara selulosa dengan fiksator dihapus sesuai instruksi dari validator dikarenakan materinya terlalu luas dan tidak cocok diberikan kepada peserta didik, 5) Tampilan *slide* contoh soal, jawaban dari contoh soal serta tujuan pembelajaran dihapus sesuai saran dari validator dikarenakan akan memakan waktu yang lama. Hal ini dapat dilihat pada tabel.10 berikut ini:

Tabel 10. Rincian sebelum dan sesudah revisi produk berdasarkan saran dari ahli media

NO.	Sebelum Revisi	Sesudah Revisi
1.		
2.	Tidak dibuat daftar materi dan daftar waktu yang ada dalam video Motivasi	
3.		
4.		Pada tampilan <i>slide</i> tersebut dihapus karena sesuai instruksi dari validator bahwa: materinya sangat luas dan tidak cocok untuk peserta didik dengan

NO.	Sebelum Revisi	Sesudah Revisi
		pemahaman tentang struktur kimia yang terbatas.
5.		Pada tampilan <i>slide</i> mengenai contoh soal, jawaban dari contoh soal dan tujuan pembelajara dihapus karena menyesuaikan dengan instruksi dari validator bahwa: tampilan <i>slide</i> ini akan memakan waktu yang sangat lama.

Perbedaan yang terdapat dalam media video motivasi sebelum dan sesudahnya dapat dilihat pada *link* berikut ini:

- *Link* video Motivasi sebelum revisi:
https://drive.google.com/file/d/1_hCu5NnGMa43bK8tevSkF7itZoNdxH8W/view?usp=sharing
- *Link* video Motivasi sesudah revisi:
<https://drive.google.com/file/d/1Zq-xAyxBcZjCwt9Vz01HxAYUz1dr99WB/view?usp=sharing>

SIMPULAN

Berdasarkan hasil uraian penelitian dan pembahasan sebelumnya, maka peneliti dapat menarik kesimpulan bahwa hasil penilaian ahli instrumen mengenai angket yang akan diberikan pada setiap validator adalah sangat baik dan sesuai dengan bidangnya masing-masing sehingga angket ini layak digunakan dengan persentase keidealan secara keseluruhan 95,23%, kemudian untuk penilaian ahli materi dan ahli media terhadap kelayakan video motivasi ini dikategorikan sangat baik dengan persentase keidealan secara keseluruhan 98% dan 96,47%, Serta untuk uji secara terbatas pada kelompok kecil untuk peserta didik dengan kategori sangat baik dengan persentase keidealan secara keseluruhan 90% sehingga lulus uji coba dan 96,25% untuk uji secara luas pada kelompok besar untuk peserta didik dengan kategori sangat baik dan layak untuk digunakan tanpa revisi. Dari hasil data tersebut, Pengembangan video motivasi berbasis etnosains menggunakan aplikasi kinemaster pada sub materi interaksi partikel terhadap perubahan sifat fisika zat dalam materi ikatan kimia dinyatakan layak untuk digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Nuralita, “Analisis penerapan model Pembelajaran berbasis etnosains dalam pembelajaran tematik SD,” *Mimb. PGSD Undiksha*, vol. 4, no. 1, pp. 1–8, 2020.
- [2] Daniah, “Kearifan lokal (lokal wisdom) sebagai basis pendidikan karakter,” *Jurnalpendidikan*, 2016, [Online]. Available: https://scholar.google.com/scholar?hl=id&as_sdt=0%2C5&q=Kearifan+lokal+%28lokal+wisdom%29+sebagai+basis+pendidikan+karak&btnG=.
- [3] L. Nusi, M. Papatungan, and D. N. Botutihe, “Upaya Meningkatkan Kemampuan dalam Menyelesaikan Soal-Soal Hidrolisis Garam pada Siswa SMA Negeri 1 Telaga Kelas XI dengan Menggunakan Metode Problem Solving Disertai LKS,” vol. 12, pp. 39–46, 2017.
- [4] A. R. Shelawaty, “Pengembangan Media Flash Materi Ikatan Kimia Siswa Kelas X SMA Negeri 1 Pontianak,” 2016, [Online]. Available: <https://onsearch.id/Record/IOS6300.501>.

- [5] W. Sumarni, *Etnosains dalam Pembelajaran Kimia Prinsip, Pengembangan dan Implementasinya*. Semarang: UNNES PRESS, 2018.
- [6] Sutrisno, "3 Kelebihan Kinemaster, Aplikasi Editing Video Terbaik di Android Posted by Sutrisno," *hipoin.com*, 2018. <https://hipoin.com/artikel/kelebihan-kinemaster-aplikasi-editing-video/> (accessed Dec. 11, 2021).
- [7] Fransisca, Sudirman, and L. Pareira, "Pengembangan Video Pembelajaran Berbasis Kinemaster pada Materi Larutan Elektrolit dan Non Elektrolit Terintegrasi Etnosains untuk Kelas X SMA/MA," vol. 1, no. November, pp. 89–97, 2021.
- [8] A. R. Orin, "Pengembangan Video Pembelajaran Berbasis Kinemaster sebagai Sumber Belajar Peserta Didik kelas X MIA pada Materi Struktur Atom di SMA," Universitas Nusa Cendana, 2020.
- [9] A. Mufarokah, *Strategi Belajar Mengajar*. Yogyakarta: Teras, 2009.
- [10] H. Ardiansyah, "Evaluasi Kinerja Guru Sejarah SMA di Kecamatan Dompu Kabupaten Dompu," Universitas Negeri Yogya 2018, 2018.
- [11] W. Borg and M. Gall, *Educational Research an Introduction*, Second edi. Newyork: Far West Laboratory for Educational Research and Development Utah State University, 1983.
- [12] A. Sudjono, *Pengantar Evaluasi Pendidikan*. Jakarta: Rajawali Pers, 2009.

ISOLASI DAN IDENTIFIKASI SENYAWA METABOLIT SEKUNDER DARI RAMUAN TRADISIONAL DESA LOLES SAENAM TTS DALAM SOPI PISANG AMBON (MUSA ACUMINATA CAVENDISH)

Rini I. M. Betty¹, Yosep Lawa², Jasman³

Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Nusa Cendana, Kupang, 85001, Indonesia.

Email korespondensi: rinybetty634@Gmail.Com

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang Isolasi dan Identifikasi Senyawa Metabolit Sekunder Dalam Sopi Pisang Ambon (*Musa Acuminata Cavendish*) Yang Difermentasi Dengan Tambahan Ramuan Tradisional Desa Loles Saenam Kecamatan Amanatun Selatan TTS, yang bertujuan untuk mengetahui kandungan senyawa metabolit sekunder dalam ramuan sopi asal desa Loles Saenam pada proses pembuatan sopi pisang ambon. Tahapan yang dilakukan yaitu preparasi sampel dan fermentasi buah pisang ambon. Fermentasi terdiri dari dua perlakuan yaitu fermentasi tanpa ramuan dan fermentasi dengan ramuan. Hasil fermentasi tanpa ramuan, didestilasi dan destilatnya digunakan sebagai pelarut dalam maserasi ramuan sopi. Ekstrak kemudian dipekatkan menggunakan rotary evaporator. Selanjutnya, terhadap sampel dilakukan uji fitokimia, dan hasilnya menunjukkan bahwa tidak ada senyawa metabolit sekunder yang terlarut dari ramuan sopi pada proses fermentasi, dan terdapat senyawa metabolit sekunder yaitu flavonoid dan tanin yang terlarut dari ramuan sopi pada proses ekstraksi menggunakan etanol hasil destilasi. Selanjutnya sampel diisolasi menggunakan KLT dan KLTP, Hasil KLT dengan eluen BAA (4:1:5) menghasilkan 2 spot dengan nilai Rf 0,62 dan 0,78 dan hasil KLTP dengan eluen BAA (40:10:50) menghasilkan 2 spot dengan nilai Rf 0,78 dan 0,83. Sementara hasil Uv-Vis untuk isolat I menghasilkan serapan pada panjang gelombang maksimum 340 nm dengan nilai absorbansi 0,736 dan isolat II pada panjang gelombang maksimum 320 nm dengan nilai absorbansi 0,331. Dengan demikian senyawa metabolit sekunder yang teridentifikasi yaitu flavonoid jenis flavon dan tanin.

Kata kunci : pisang, fermentasi, etanol, KLT, KLTP.

ABSTRACT

*Research has been carried out on the Isolation and Identification of Secondary Metabolic Compounds in Ambon Banana Sopi (*Musa Acuminata Cavendish*) Which Is Fermented with Additional Traditional Ingredients in Loles Saenam Village Amanatun Selatan TTS, which aims to determine the content of secondary metabolites in sopi ingredients from Loles Saenam village in the process of making sopi banana of ambon. The steps taken are sample preparation and fermentation of abon banana fruit. Fermentation consists of two treatments, namely fermentation without ingredients and fermentation with sopi ingredient. The fermented product without the ingredients in distilled and the distillate is used as a solvent in maceration of the sopi ingredients. The extract was then concentrated using a rotary evaporator. Furthermore, phytochemical test were carried out, isolation using TLC and TLCP and identification using UV-Vis spectrophotometer. The results of the phytochemical test showed that there were no secondary metabolites dissolved from the sopi herb in the fermentation process, and there were secondary metabolites, namely flavonoids and tannins dissolved from the sopi herb in the extraction process using distilled ethanol. The results of the isolation using TLC with BAA (4:1:5) produced 2 spots with Rf values of 0,62 and 0,78, and of TLCP with BAA (40:10:50)*

product 2 spots with Rf values of 0,78 and 0,83. The identification using UV-Vis for isolate I in absorption at a wavelength of 340 nm with an absorbance value 0,736 and isolate II at a wavelength of 320 nm with an absorbance value of 0,331. Thus, the identification secondary metabolites are flavonoids, flavones group and tannins.

Keyword: *banana, fermentation, ethanol, TLC, TLCP*

PENDAHULUAN

Nusa Tenggara Timur (NTT) merupakan salah satu propinsi yang ada di Indonesia yang merupakan provinsi berkepulauan dengan tingkat sumber daya alam yang sangat melimpah. Tanah Flobamora menjadi tempat yang sangat tepat untuk pembangunan pertanian. Mulai dari ujung Flores bagian barat sampai daerah Alor, kemudian dari daerah Sabu, Rote dan Timor keseluruhan dan pulau Sumba mempunyai sumber daya alam yang sangat melimpah tergantung dengan karakteristik daerah tersebut, Salah satu sumber daya alam yang ada di NTT yaitu pertanian produksi sub sektor tanaman yang merupakan produksi utama bagi ketahanan pangan.

Pisang merupakan tanaman buah-buahan yang tumbuh dan tersebar luas di seluruh Indonesia, termasuk di NTT. Pisang adalah tanaman yang merupakan hasil dari bidang pertanian yang ada. Di Indonesia, pisang merupakan buah-buahan yang biasanya dikonsumsi sehari-hari oleh masyarakat, karena buahnya memiliki rasa manis. Selain itu, buah pisang mengandung komponen antibakteri dan antioksidan [1].

Pisang ambon merupakan jenis pisang dari kultivar AAA (*Musa Acuminata*) dan banyak tumbuh di daerah tropis seperti di Indonesia. Komposisi kimia yang terkandung dalam buah pisang ambon yang sudah masak antara lain kadar gula, gula reduksi, sukrosa, pati, protein, pektin, protopektin, lemak, serat kasar dan abu. Daging buah pisang ambon merupakan salah satu bahan baku pembuatan sopi, karena banyak mengandung karbohidrat [7].

Selain itu, NTT juga merupakan salah satu provinsi dengan beragam budaya dan kearifan lokal. Salah satu kearifan lokal yang dimiliki yaitu minuman tradisional khas NTT yakni minuman beralkohol atau yang lebih dikenal dengan sebutan sopi. Sopi berasal dari bahasa Belanda "Zoopje" yang artinya alkohol cair. Sopi memiliki penyebutan yang bervariasi, diantaranya Sopi (Timor), Tua (etnik Amanatun), Moke (Maumere). Sopi memiliki dampak buruk, jika dikonsumsi dalam jumlah yang banyak, karena mengandung zat adiktif.

Sopi bukan hanya sekedar minuman yang mengandung alkohol, tapi sopi juga merupakan minuman yang disakralkan dalam kehidupan masyarakat NTT [6]. Dalam budaya masyarakat NTT, menghadirkan sopi memiliki nilai sakral karena memiliki latar ritus budaya sekaligus profane. Sopi merupakan minuma khas NTT yang dianggap sebagai simbol adat dan persaudaraan, telah menjadi tradisi turun-temurun dalam upacara-upacara adat tertentu [8]. Sedangkan dalam segmen sosio-ekonomi, menyediakan sopi merupakan cara orang timor berinteraksi dengan sesama, karena sopi sudah dijadikan sebagai minuman penjamu tamu sehingga sopi dianggap sebagai minuman tradisional yang harus dilestarikan sebagai tradisi adat yang sudah diwariskan oleh para leluhur [5].

Dalam pembuatannya, sopi bukanlah murni hasil fermentasi nira dari pohon lontar (*Borassus flabellifer*) dan enau (*Erange pinnata*) yang dibuat dengan cara penyulingan tradisional yang diwariskan secara turun-temurun [2]. Namun dalam pembuatannya memanfaatkan beberapa tumbuhan yang mengandung senyawa metabolit sekunder seperti halnya dalam pembuatan sopi di Desa Loles Saenam TTS, yang dalam proses pembuatan sopi digunakan Hau Non Leno (kayu jeruk hutan), Nui Ayo (kulit kasuari), Mau Nitu (batang sirih hutan) dan Pen Molo (jagung kuning).

Tanaman Sirih Hutan atau Mau Nitu (*Piper Aduncum*) merupakan tumbuhan yang mempunyai khasiat dalam penyembuhan luka. Sirih Hutan mengandung alkaloid, flavonoid, saponin, tanin dan terpenoid (Nova, 2006) pada bagian daunnya [4].

Pohon Kasuari atau Hau Ayo (*Casuarinaceae*) merupakan salah satu jenis kayu dari suku Plantae. Kayu pohon kasuari dikenal keras dan panas bara api ini mampu bertahan lama, dan memiliki aroma yang khas.

Tanaman Jeruk Hutan atau Non Leno (Jeruk Kingkit) merupakan tumbuhan dengan beragam manfaat, mulai dari perawatan wanita hingga untuk kesehatan. Kandungan kimia dalam tumbuhan ini adalah coumarins, isomerazim, umbellifer one, tripasiol atau 7-(3- methyl-2,3-dihydroxybutyloxy)-8-(3-methyl-2-oxobuthyl) dan coumarin. Khasiat dari tanaman ini adalah anti-diare, obat untuk penyakit gonorrhoe, batuk, sakit perut.

Jagung kuning atau Pen Molo (*Zea mays L.*) adalah tanaman sereal penghasil karbohidrat. Jagung merupakan makanan khas orang Timor. Biji jagung mengandung karbohidrat sekitar 80% (Wungkana et al.,2013) [9].

Sopi dengan perendaman ramuan sopi, menjadikan sopi bukan hanya sebagai minuman beralkohol, akan tetapi sebagai antibakteri. Kemampuan antimikroba dari sopi dipengaruhi oleh kandungan fitokimia yang terkandung di dalamnya. Hal ini dikarenakan terkandungnya senyawa bioaktif hasil metabolisme sekunder dari tiap-tiap tanaman atau ramuan yang dimasukkan dalam sopi [3].

METODE

Prosedur Kerja

1. Preparasi Sampel

Sampel buah pisang ambon diambil dari kota Soe TTS. Buah pisang yang sudah matang dipisahkan antara daging dan kulitnya, ditimbang sebanyak 4000 kg, dipotong kecil-kecil, dan diblender. Sampel ramuan sopi berupa biji jagung kuning (Pen Molo; dalam bahasa timor), batang jeruk hutan (Non Leno; dalam bahasa timor), batang sirih hutan (Mau Nitu; dalam bahasa timor) dan kulit kasuari (Nui Ayo; dalam bahasa timor) diambil dari Desa Loles Saenam TTS. Selanjutnya, sampel dicuci, dipotong kecil-kecil, dan dikeringkan. Selanjutnya sampel yang sudah kering, mol.

2. Pembuatan Sopi

100gram ragi roti, ditambahkan gula pasir 50gram dan 1000 mL aquades dimasukkan kedalam belmas dan di diamkan selama 1 hari. 4000 kg sampel bubur pisang ambon yang telah dihaluskan, dimasukkan kedalam dua galon, dan ditambahkan 1000 mL starter. Selanjutnya, ditambahkan aquades hingga mencapai 9000 mL. Selanjutnya kedalam galon yang pertama ditambahkan 500gram ramuan sopi. Sementara pada galon yang kedua, tidak ditambahkan ramuan sopi, lalu difermentasi selama 7×24 jam. Sampel hasil fermentasi diambil sebanyak 250 mL untuk dimurnikan melalui proses destilasi pada suhu 79°C sampai didapatkan destilat sebanyak 50 mL setiap satu kali destilasi. Hasil destilasi pada galon pertama yang di fermentasi menggunakan ramuan sopi dipekatkan dengan rotary evaporator pada suhu 50-600 C. Sementara hasil destilasi galon kekedua, dijadikan sebagai pelarut pada tahapan maserasi. Sebanyak 500gram ramuan sopi di campurkan dan dimaserasi menggunakan pelarut etanol hasil destilasi galon kedua sebanyak 1000 ml selama 7×24 jam. Filtrat yang dihasilkan disaring dan dipekatkan menggunakan rotary evaporator pada suhu 50-600 C.

3. Isolasi dan Identifikasi Senyawa Metabolit Sekunder Uji Fitokimia

a. Uji Alkaloid

3 ml dari tiap sampel dimasukkan kedalam tabung reaksi, ditambahkan 0,5 ml HCl 2% dan larutan dibagi kedalam 2 tabung rekasi. Tabung reaksi 1 ditambah 2-3 tetes reagen mayer, tabung rekasi 2 ditambahkan 2-3 tetes reagen wagner. Jika tabung 1 terbentuk endapan jingga dan pada tabung2 terbentuk endapan kekuning-kuningan, menunjukkan adanya alkaloid.

b. Uji Flavonoid

3 ml dari tiap sampel dimasukkan kedalam tabung reaksi, dilarutkan dalam 1-2 ml metanol panas 50%. Ditambahkan sedikit logam Mg dan 0,5 ml HCl pekat. Jika pada larutan terbentuk larutan berwarna jingga atau orange menunjukkan adanya flavonoid (Harbone, 1987).

c. Uji Steroid dan Triterpenoid

3 ml tiap sampel dimasukkan dalam tabung reaksi, dilarutkan dalam 0,5 ml kloroform,

ditambah dengan 0,5 ml asam asetat anhidrat, kemudian ditambah dengan 1-2 ml H₂SO₄ pekat. Jika hasil yang diperoleh berupa cincin kecoklatan atau violet pada perbatasan dua pelarut menunjukkan adanya triterpenoid, sedangkan jika terbentuk warna hijau kebiruan menunjukkan adanya steroid (Harborne,1998).

- d. Uji Saponin
3 ml tiap sampel dimasukkan kedalam tabung reaksi, ditambahkan aquades sebanyak 10 ml sambil dikocok selama 1 menit. Apabila terdapat busa ditambahkan HCN 1 N, jika busa yang terbentuk dapat bertahan selama 10 menit dengan ketinggian 1-3 cm, maka sampel ekstrak positif mengandung saponin (Wafa,2012).
- e. Uji Tanin 3 mL tiap sampel dimasukkan kedalam tabung reaksi, ditambahkan 2-3 tetes FeCl₃ 1 %. Sampel positif mengandung fenol apabila menghasilkan warna hijau kehitaman atau hitam pekat (Harbone, 1987).

Tahapan KLT dan KLTP

Uji KLT dilakukan dengan menggunakan plat silika gel GF254, berukuran 2×8cm dengan batas atas 1,5cm dan batas bawah 2cm. Sebelum digunakan, plat KLT silika gel diaktifasi dengan diovenkan pada suhu 1050 C selama 30 menit. Disiapkan chamber sebagai tempat menampung eluen. Sebelum digunakan, dilakukan penjujukan terlebih dahulu dengan memasukkan eluen kedalam chamber dan dikocok, kemudian dimasukkan kertas saring dan ditutupi rapat sampai eluen membasahi seluruh permukaan kertas saring hingga bagian atas.

Ekstrak ditotolkan sebanyak 1 kali, pada batas bawah plat menggunakan pipa kapiler, dikeringkan dan dielus menggunakan eluen yang berada dalam chamber KLT dan ditutup rapat. Ketika eluen mencapai garis batas atas, plat dikeluarkan dan diamati bercak yang terbentuk dibawa lampu UV pada panjang gelombang 366 nm dan diamati warna noda yang terbentuk serta menghitung nilai R_f tiap noda.

Pemisahan dengan KLTP menggunakan plat silika gel F254 dengan ukuran 20×20 cm. Sampel ditotolkan sepanjang plat KLTP dengan jarak 1 cm dari garis bawah, dielus menggunakan eluen hasil terbaik pada uji KLT. Setelah larutan mengembang sampai pada garis batas atas maka elusi dihentikan dan plat hasil elusi dikeringkan lalu diamati noda yang terbentuk dibawah sinar UV pada panjang gelombang 366 nm dan diamati warna noda yang terbentuk serta menghitung nilai R_f tiap noda. Noda-noda yang terbentuk dikerok dan dilarutkan menggunakan etanol murni untuk mendapatkan isolat.

Tahapan UV-Vis

Isolat Kromatografi Lapis Tipis Preparatif dimasukkan kedalam kuvet dan dianalisis menggunakan Spektrofotometer UV-Vis pada rentang panjang gelombang 200-800 nm (Maharani, dkk.,2016).

HASIL

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui golongan senyawa metabolit sekunder apa yang terlarut dari ramuan tradisional Desa Loles Saenam TTS pada proses fermentasi dan pada proses destilasi hasil fermentasi pembuatan sopi pisang ambon (*Musa acuminata cavendish*). Tahapan pembuatan sopi dari pisang ambon dilaksanakan di laboratorium Pendidikan kimia FKIP Undana melalui beberapa tahapan yaitu, preparasi sampel, pembuatan starter, tahapan fermentasi, tahapan destilasi dan penentuan kadar alkohol serta tahapan maserasi.

1. Preparasi sampel

Tahapan ini merupakan tahapan awal, yang bertujuan untuk mempersiapkan bahan dasar yang diperlukan dalam penelitian ini, yaitu daging buah pisang ambon yang sudah matang, Yang dihaluskan menjadi bubur pisang ambon. Dan sampel ramuan sopi yang sudah dikeringkan dan dihaluskan menjadi serbuk.

Tabel 1. Preparasi Sampel.



2. Pembuatan Sopi
 Pada tahapan ini, ditujukan untuk mendapatkan sopi dengan kadar alkohol yang baik dan yang akan digunakan untuk mengisolasi dan mengidentifikasi golongan senyawa metabolit sekunder dari ramuan tradisional Desa Loles Saenam TTS. Penelitian ini meliputi beberapa tahapan yaitu pembuatan starter, fermentasi, destilasi, maserasi serta evaporasi.

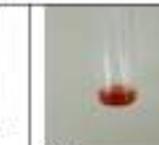
Tabel 2. Tahapan Pembuatan Sopi



3. Isolasi dan Identifikasi senyawa metabolit sekunder
 Pada tahapan ini, ditujukan untuk mengetahui golongan senyawa metabolit sekunder apa yang terlarut dari ramuan desa tradisional Desa Loles Saenam TTS pada proses fermentasi dan pada proses destilasi hasil fermentasi yang kemudian digunakan sebagai pelarut dalam tahapan maserasi dalam pembuatan sopi pisang ambon (*Musa acuminata cavendish*). Tahapan ini dilakukan melalui beberapa tahapan yaitu uji fitokimia, isolasi senyawa dengan menggunakan KLT dan KLTP serta identifikasi senyawa dengan menggunakan UV-Vis.

Tabel 3. Isolasi dan identifikasi senyawa metabolit sekunder ramuan sopi Asal Desa Loles Saenam TTS.

1. Uji fotokimia

Sampel hasil fermentasi.			Sampel hasil maserasi		
					
Uji alkaloid (mayer)	Uji alkaloid (wagner)	Uji flavonoid	Uji alkaloid (mayer)	Uji alkaloid (wagner)	Uji flavonoid
					
Uji steroid & terpenoid	Uji saponin	Uji tanin	Uji steroid & terpenoid	Uji saponin	Uji tanin

2. Uji KLT dan uji KLTP

			
Proses KLT	Bercak noda yang diamati	Proses KLTP	Bercak noda yang diamati

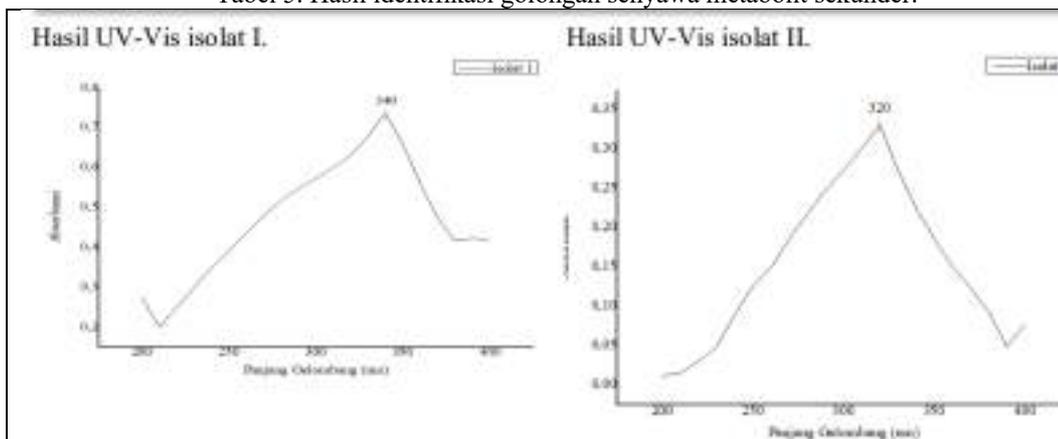
Tabel 4. Hasil uji fitokimia dari ramuan tradisional Desa Loles Saenam TTS.

1. Data hasil uji fitokimia hasil fermentasi						2. Hasil uji fitokimia hasil maserasi					
No	Senyawa Metabolit Sekunder yang diuji	Reaksi yang digunakan	Perubahan pada tinjauan postula	Perubahan yang terjadi	Keterangan (+/(-)	No	Senyawa Metabolit Sekunder yang diuji	Reaksi yang digunakan	Perubahan pada tinjauan postula	Perubahan yang terjadi	Keterangan (+/(-)
1	Alkaloid	Wagner	Endapan juga	Tidak terdapat endapan	(-)	1	Alkaloid	Wagner	Endapan juga	Tidak terdapat endapan	(-)
		Mayer	Endapan putih lebat	Tidak terdapat endapan	(-)			Mayer	Endapan putih lebat	Tidak terdapat endapan	(-)
2	Flavonoid	NaOH 10%	Jingga atau oranye	Kuning muda dan memiliki endapan hitam	(+)	2	Flavonoid	NaOH 10%	Jingga atau oranye	Kuning muda dan memiliki endapan hitam	(+)
3	Steroid & Liberman Terpenoid	Burchard	Merah	Kuning muda dan memiliki endapan	(-)	3	Steroid & Terpenoid	Liberman Burchard	Merah	Kuning muda dan memiliki endapan hitam	(-)
4	Saponin	Apadon	Ada busi yang stabil	Putih beang tanpa busi	(-)	4	Saponin	Apadon	Ada busi yang stabil	Putih beang tanpa busi	(-)
5	Tanin	FeCl ₃	Hijau kehitaman atau hitam pekat	Kuning muda	(-)	5	Tanin	FeCl ₃	Hijau kehitaman atau hitam pekat	Hijau kehitaman	(+)

Keterangan:
 (+) : Positif mengandung golongan senyawa metabolit sekunder yang diuji
 (-) : Tidak mengandung golongan senyawa metabolit sekunder yang diuji.

Berdasarkan hasil uji fitokimia yang tertera pada table diatas, menyatakan bahwa pada uji fitokimia sampel hasil fermentasi pembuatan sopi pisang ambon (*Musa acuminata cavendish*), ekstrak ramuan sopi asal Desa Loles Saenam TTS tidak mengandung senyawa metabolit sekunder. Hal ini kemungkinan disebabkan karena sampel ramuan sopi dipanaskan secara langsung pada saat proses destilasi sehingga senyawa metabolit sekunder yang berasal dari sampel ramuan sopi asal Desa Loles Saenam TTS, mengalami kerusakan. Sementara berdasarkan hasil uji fitokimia sampel hasil maserasi, ekstrak ramuan sopi asal Desa Loles Saenam TTS dengan pelarut etanol hasil fermentasi pisang ambon (*Musa acuminata cavendish*), positif mengandung flavonoid jenis flavon dan tanin.

Tabel 5. Hasil identifikasi golongan senyawa metabolit sekunder.



Tabel 6. Data nilai Panjang gelombang maksimum dan nilai absorbansi

Hasil UV-Vis isolat I		Hasil UV-Vis isolat II	
Panjang Gelombang (nm)	Absorbansi	Panjang Gelombang (nm)	Absorbansi
340	0,736	320	0,331

Berdasarkan grafik dan data yang tertera pada table yang diatas, spektrum dari isolat 1 memberikan satu puncak serapan pada panjang gelombang maksimum 340 nm dengan nilai absorbansi sebesar 0,736 merupakan senyawa flavonoid. Menurut Harbone (1987) menyatakan bahwa senyawa flavonoid dapat dideteksi pada panjang gelombang 200-400 nm. Sementara spektrum dari isolate II memberikan satu puncak serapan pada Panjang gelombang 320 nm dengan nilai absorbansi sebesar 0,331 merupakan senyawa tanin. Hal ini diperkuat dengan literatur oleh Harbone (1978) bahwa senyawa polifenol dapat dideteksi pada Panjang gelombang 200-400nm. Berdasarkan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Hayati et al (2010) yang menyatakan bahwa hasil identifikasi senyawa tanin daun belimbing wuluh memiliki satu spektrum pada Panjang gelombang 331 nm.

SIMPULAN

1. Dalam sampel hasil fermentasi bubur pisang dengan ramuan sopi tidak mengandung senyawa metabolit sekunder, karena senyawa metabolit sekunder mengalami degradasi atau kerusakan akibat dipanaskan secara langsung pada proses destilasi.
2. Golongan senyawa metabolit sekunder yang terlarut dari ramuan tradisional desa Loles Saenam pada proses destilasi bubur pisang tanpa ramuan sopi yang kemudian destilatnya digunakan sebagai pelarut pada saat ekstrasi yaitu flavonoid jenis flavon dan tanin.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arifki, H. H., Barliana, M. I. 2018. Karakterisis Dan Manfaat Tumbuhan Pisang Di Indonesia, Jurnal Farmaka, 16(3):196-203.

- [2] BanoEt, R. I. M. et al. 2016. Manfaat Beberapa Jenis Mikroba Yang Diisolasi Dari Kayu Laru (*Peltophorum Pterocarpum*) Dan Mur Sebagai Starter Dalam Pembuatan Laru Dan Sopi Di Pulau Timor, *Jurnal Agrotek Dan Bioteknologo*, 5(1):39-48. ISSN: 23020-113
- [3] Detha, A. et al, 2010. Skrining Fitokimia Minuman Tradisional Moke Dan Sopi Sebagai Kandidat Antimikroba, *Jurnal Kajian Veteriner* (4):12-14. ISSN: 2356-4113.
- [4] Kamilasri, L., Sulyanti, E., Hamid H. 2018. Aktivitas Bagian Tumbuhan Sirih Hutan (*Piper Aduncum Linnaeus*) Yang Berasal Dari Lokasi Berbeda Dalam Menekan Pertumbuhan *Colletotrichum Gloeosporioides* Secara Invitro, *Jurnal Proteksi Tanaman*, 2(1):18-27. ISSN: 2580-0604. [Diakses pada 23 Maret 2021]: <http://jpt.faperta.unand.ac.id/index.php/jpt%0AAktivitas>.
- [5] Li, D. E. 2013. Industri Sopi Di NTT Yang Berkelanjutan (Towards the Sustainability of NTT Sopi), (003):1-8.
- [6] Matau, T. N. 2021. Sakralitas Tua Dalam Ritus Sae Toi Sanu Se'at Etnik Amanuban Tengah, Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Antropologi Sosial Dan Budaya*, 6(2):243-250.
- [7] Mokbel, M. S., dan Hashinaga, F., 2005. Aktivitas Antibakteri Dan Antioksidan Buah Pisang (*Musa*, AAA cv, Cavendish). *Jurnal Biochemistry dan Bioteknologi*, 1(3): 145-131.
- [8] Nomleni, E. P. 2017. Upacara Adat Sifon di Desa Oinlasi, Kecamatan Amanatun Selatan, Kabupaten Timor Tengah Selatan, Skripsi, Program Studi Pendidikan Pancasila Dan Kewarganegaraan, Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga.
- [9] Wungkana, I., et al. 2013. Aktivitas Antioksidan Dan Tabir Surya Fraksi Fenolik Dari Limbah Tongkol Jagung (*Zea Mays L.*) *PHARMACON*.2: 149-155

STUDI HUBUNGAN ANTARA MASSA CaCO_3 PADA SINTESIS KATALIS CaO/SiO_2 DENGAN MORFOLOGI PERMUKAAN DAN UKURAN PARTIKEL SERTA RENDEMEN METIL ESTER PADA REAKSI TRANSESTERIFIKASI MINYAK BIJI JARAK KEPYAR

Melsi Lakbe¹; Kasimir Sarifudin²; Heru Christianto³
1,2,3 Program Studi Pendidikan Kimia, Fkip-Universitas Nusa Cendana
Jl. Adisucipto Penfui, Kupang-Ntt 85001 Indonesia
Email korespondensi: melsi23lakbe@gmail.com

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang pengaruh massa CaCO_3 pada katalis CaO/SiO_2 terhadap karakter morfologi permukaan, ukuran partikel dan rendamen metil ester pada reaksi transesterifikasi minyak jarak kepyar. Prosedur penelitian ini meliputi perlakuan awal zeolit alam ende flores menggunakan metode hidrotermal, aktivasi zeolit menggunakan HCl, sintesis silika melalui metode hidrotermal dan kopresipitasi, pemurnian silika menggunakan metode leaching asam dan sonikasi, preparasi kalsium karbonat pada suhu 120 oC selama 9 jam, dan sintesis CaO/SiO_2 dengan mendispersikan CaCO_3 pada silika dengan variasi massa CaCO_3 yaitu 35,90%, 27,19%, 19,35%, 12,28%, 5,85% dan 0% pada CaO/SiO_2 b/b. Karakterisasi menggunakan SEM-EDX untuk melihat morfologi permukaan, Image-J untuk melihat ukuran partikel, serta uji aktivitas katalis pada reaksi transesterifikasi minyak jarak kepyar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin meningkatnya massa CaCO_3 pada CaO/SiO_2 karakter morfologi permukaan tidak terjadi penggumpalan pada permukaan katalis dan ukuran partikel dari setiap katalis semakin kecil. Aktivitas katalitik katalis cenderung meningkat dengan perolehan % yield optimum diperoleh pada katalis CaO/SiO_2 50% dengan hasil yang diperoleh sebesar 91,22%. Berdasarkan hasil uji GC-MS didapatkan adanya senyawa metil stearat, metil palmitat, metil linoleat, metil oleat dan metil risinoleat yang terkandung didalam rendemen metil ester.

Kata kunci: Katalis, Massa CaCO_3 , Morfologi permukaan, Ukuran partikel, Yield metil ester

ABSTRACT

*Research has been carried out on the effect of mass of CaCO_3 on CaO/SiO_2 catalyst on surface morphological characters, particle size and methyl ester yield in the transesterification reaction of *Jatropha castor* oil. The research procedures involved pre-treating ende flores natural zeolite using the hydrothermal method, zeolite activation using HCl, silica synthesis using hydrothermal and coprecipitation methods, silica purification using acid leaching and sonication methods, calcium carbonate preparation at 120 oC for 9 hours, and CaO synthesis. / SiO_2 by dispersing CaCO_3 on silica with mass variations of CaCO_3 namely 35.90%, 27.19%, 19.35%, 12.28%, 5.85% and 0% on CaO/SiO_2 w/w. Characterization using SEM-EDX to see the surface morphology, Image-J to see the particle size, as well as test the activity of the catalyst in the transesterification reaction kepyar oil. The results showed that as the mass of CaCO_3 on CaO/SiO_2 increased, the surface morphological characters did not agglomerate on the surface of the catalyst and the particle size of each catalyst became smaller. The catalytic activity of the catalyst tends to increase with the optimum % yield obtained on 50% CaO/SiO_2 catalyst with a yield of 91.22%. Based on the results of the GC-MS test, it was found*

that there were compounds of methyl stearate, methyl palmitate, methyl linoleate, methyl oleate and methyl ricinoleate contained in the methyl ester yield.

Keyword: Catalyst, Mass of CaCO₃, Surface morphology, Particle size, Yield of methyl ester

PENDAHULUAN

Perkembangan era globalisasi yang diikuti oleh pertumbuhan industri dan ekonomi yang pesat, serta peningkatan jumlah penduduk menyebabkan peningkatan jumlah konsumsi energi yang signifikan. Data dari Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) dalam Outlook Energi Indonesia 2017 menyatakan bahwa penyumbang angka konsumsi energi tertinggi adalah industri (48%) dan transportasi (35%) yang masih mengandalkan sumber-sumber energi tak terbarukan seperti batubara, gas, dan minyak bumi, sedangkan penggunaan bahan bakar non minyak atau biofuel dari tahun ke tahun semakin meningkat namun pada tahun 2014 baru mencapai angka 9%. Oleh karena itu, saat ini banyak dilakukan penelitian terkait pengembangan energi alternatif untuk meningkatkan produksi dan konsumsi biofuel tersebut [1]. Salah satu bahan bakar alternatif yang dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar minyak bumi adalah biodiesel. Hal ini dikarenakan biodiesel memiliki kemiripan karakteristik dengan bahan bakar mesin diesel [2].

Salah satu bahan baku yang berpotensi untuk dikembangkan menjadi biodiesel adalah tanaman jarak kepyar. Tanaman ini dapat memberikan nilai ekonomis karena bijinya menghasilkan minyak sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Minyak jarak memiliki peluang lebih besar sebagai bahan baku pembuatan biodiesel dibanding minyak kelapa dan minyak sawit, karena kandungan asam lemak esensial minyak jarak yang rendah sehingga tidak termasuk dalam kategori minyak untuk bahan pangan (edible oil) [3].

Reaksi transesterifikasi adalah suatu proses mereaksikan trigliserida dalam minyak nabati ataupun lemak hewani dengan alkohol rantai pendek seperti metanol atau etanol sehingga menghasilkan biodiesel dan gliserol [4]. Menurut Corro, dkk. (2013) menjelaskan reaksi transesterifikasi menggunakan katalis basa 4000 kali lebih cepat dibanding katalis asam. Namun penggunaan katalis homogen menimbulkan beberapa masalah, diantaranya katalis akan bercampur homogen dengan produk, sehingga proses pemurnian produknya relatif sulit. Masalah lain adalah penggunaan katalis homogen dapat menyebabkan reaksi penyabunan sehingga proses pemisahan produk merupakan masalah yang sangat utama. Kendala lain yaitu, banyaknya air limbah yang dihasilkan untuk memisahkan katalis dan produk [5]. Untuk mengatasi kelemahan-kelemahan yang dimiliki katalis basa homogen tersebut, dapat digunakan katalis basa heterogen. Katalis basa heterogen lebih mudah dipisahkan dari produk dan dapat digunakan untuk proses berkelanjutan serta tidak menimbulkan reaksi saponifikasi [6].

Saat ini, banyak peneliti mengkaji penggunaan katalis basa heterogen untuk proses produksi biodiesel. Salah satu contoh katalis basa heterogen yang baru-baru ini banyak diteliti adalah CaO [7]. Kalsium oksida (CaO) adalah material anorganik yang dapat dimanfaatkan sebagai katalis dalam reaksi transesterifikasi, karena memiliki aktivitas yang tinggi, bersifat basa kuat, tahan lama dan dapat menekan biaya produksi [8].

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Fanny et al., (2018) yang memanfaatkan cangkang telur ayam sebagai sumber CaO dalam proses produksi biodiesel dari minyak sawit menghasilkan % metil ester sebesar 88,8%. Albuquerque, dkk. (2008) menyatakan bahwa, hasil penelitian produksi biodiesel dari minyak bunga matahari dengan menggunakan katalis CaO yang diimbangkan pada padatan silika menghasilkan konversi biodiesel sebesar 95%. Penggunaan suatu pengemban katalis sangat penting karena dapat mengubah karakter katalis dan meningkatkan persentase yield biodiesel [9]. Penggunaan silika sebagai pengemban katalis heterogen sudah banyak dilakukan dalam berbagai reaksi katalitik seperti sintesis biodiesel [10], [11].

Salah satu parameter kualitas katalis yang baik adalah mampu mengubah bahan baku menjadi produk yang diinginkan. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi diantaranya ukuran partikel, dan morfologi katalis [12]. Ukuran partikel katalis yang kecil akan meningkatkan luas permukaan sehingga permukaan kontak tempat berlangsungnya reaksi antara reaktan dan katalis akan semakin baik [13]. Morfologi katalis berkaitan dengan permukaan katalis. Permukaan yang poros akan meningkatkan luas area permukaan sehingga semakin banyak molekul reaktan yang terjebak atau

masuk kedalam katalis, berinteraksi dengan fasa aktif katalis sehingga semakin banyak molekul reaktan yang terkonversi menjadi produk [14].

Ukuran partikel, morfologi katalis dan rendamen metil ester dipengaruhi komposisi dari katalis dan komposisi silika sebagai pengemban katalis juga turut mempengaruhi. Penelitian Siregar (2018) tentang sintesis K Silika untuk reaksi transesterifikasi dan hasil karakterisasi morfologi menggunakan SEM menunjukkan bahwa pada komposisi fasa aktif yang tinggi dibanding silika yaitu 2,5:1 menyebabkan aglomerasi pada permukaan. Haumuty (2020) mensintesis katalis CaO/SiO₂ dengan komposisi CaO 50, 60, 70, 80, 90 dan 100%. Hasil analisis ukuran partikel kemudian menunjukkan bahwa komposisi silika yang bervariasi pada katalis menghasilkan ukuran partikel yang bervariasi. Sementara itu pada penelitian Banaweng (2020) tentang pengaruh komposisi CaO dalam katalis CaO/SiO₂ terhadap yield metil ester dalam reaksi transesterifikasi minyak biji kelor menunjukkan bahwa jumlah SiO₂ yang berlebih menyebabkan terjadinya penumpukan partikel penyangga katalis sehingga metil ester yang dihasilkan rendah.

Melihat bagaimana pengaruh komposisi katalis serta peran pengemban silika terhadap karakter katalis dan pengaruhnya pada yield metil ester reaksi transesterifikasi maka perlu dilakukan penelitian tentang Pengaruh massa CaCO₃ Pada Katalis CaO/SiO₂ Terhadap Karakter Morfologi Permukaan, Ukuran Partikel Dan Rendamen Metil Ester Pada Reaksi Transesterifikasi Minyak Jarak Kepyar.

METODE

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu alat-alat gelas, neraca analitik, kaca arloji, labu leher 3, kondensor, gelas kimia, kertas label, tissue, blender, kertas saring, toples, pengaduk, kertas pH, botol sampel, tabung reaksi, pengaduk magnet, selang, ember, pompa aquarium, statif dan klem, penangas air, alat sentrifuge, termometer, pengayak 200 mesh, lumpang porselin dan penggerus, oven (Fisher scientific), desikator, labu refluks, hot plate, sonica, kertas saring, timbangan digital (Denver), reaktor kalsinasi dan reduksi, neraca analitik, corong buchner, stopwatch, pressure cooking, wise stirrer, tanur, aluminium foil, press ulir, seperangkat alat titasi, SEM (scanning electron microscopy), XRD dan XRF. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu silika yang disintesis dari Zeolit Alam Ende Flores-NTT, metanol (Merck, aquades, vaseline, AgNO₃ (Merck), CaCO₃ dari endapan air sadah, Asam Asetat 98%, HCl 37% (Merck), NaOH pellet, air bebas ion, minyak biji jarak kepyar, indikator phenolphthalein, minyak goreng dan es batu.

1. Pembuatan Silika

Refluks 200 gram ZAAEF dengan NaOH 750 mL 8 M selama 24 jam. Setelah itu didiamkan lalu dipisahkan/disaring endapan dan filtrat dan diperoleh natrium silikat sebanyak 660 mL, selanjutnya filtrat tersebut diambil sebanyak 440 mL dan dititrasi dengan HCl 2 M hingga pH 7. Titrasi dilakukan sebanyak 2 kali sambil terus diaduk menggunakan magnetik stirrer hingga terbentuk endapan putih, selanjutnya didiamkan pada suhu kamar selama 24 jam, kemudian disaring dan dicuci menggunakan air bebas ion sebanyak 4x500 mL untuk menghilangkan garam klorida lalu didiamkan dan disaring. Residu padat yang diperoleh dioven pada suhu 80°C selama 24 jam lalu didinginkan kemudian ditimbang. Selanjutnya padatan silika direfluks dengan HCl 1 M sebanyak 750 mL pada suhu 100 °C selama 3 jam lalu didiamkan. Setelah dingin, suspensi disaring kemudian dicuci dengan air bebas ion sampai netral dan bebas dari ion Cl⁻. Lalu suspensi diuji dengan larutan AgNO₃ 0.1 N untuk memastikan apakah suspensi sudah bebas ion Cl⁻. Setelah diperoleh hasil yang netral, maka dipisahkan endapan dari larutan.

Endapan yang sudah netral dimasukkan ke dalam gelas beaker (Vol 1 L) kemudian ditambahkan air bebas ion sampai pada tanda 1 L dan dilanjutkan proses ultrasonikasi selama 4 jam sambil dilakukan pengadukan selama 5 menit dalam selang waktu 30 menit menggunakan pengaduk kaca. Lalu didiamkan selama 24 jam kemudian dipisahkan dengan cara disaring menggunakan kertas saring whatman 42. Padatan yang diperoleh dikeringkan pada suhu 110 °C selama 12 jam. Setelah itu didinginkan kemudian digerus lalu ditimbang. Serbuk silika tersebut kemudian dikalsinasi pada suhu 1000°C selama 6 jam. Kemudian silika hasil kalsinasi didinginkan lalu digerus sampai halus menggunakan penggerus porselin kemudian ditimbang. Silika ini siap digunakan sebagai pengemban katalis CaO.

2. Sintesis Katalis CaO/SiO₂ Dengan Metode Impregensi Basah

Sebanyak 26,78 gram sampel CaCO₃ ditimbang dan dilarutkan dalam 64 mL asam asetat pada gelas kimia sambil diaduk menggunakan magnetik pengaduk selama 2 jam kemudian ditambahkan air bebas ion sebanyak 186 mL sampai tanda 250 mL sambil distirer selama 1 jam, selanjutnya ditambahkan 15 gram SiO₂ sambil distirer selama 3 jam, kemudian dibiarkan selama 24 jam. Setelah pendiaman 24 jam, campuran kemudian diaduk lagi selama 30 menit lalu dikeringkan dalam oven pada suhu 120 °C selama 6 jam, kemudian didinginkan dan dihaluskan selanjutnya dikalsinasi pada suhu 1000 °C selama 6 jam. Setelah proses kalsinasi kemudian didinginkan dan digerus sampai halus lalu ditimbang. Katalis ini merupakan CaO/SiO₂ dengan komposisi 50% SiO₂. Prosedur untuk mensintesis katalis CaO/SiO₂ dengan komposisi SiO₂ 40; 30; 20; dan 10% dilakukan dengan cara yang sama, perbedaannya terletak pada jumlah asam asetat, CaCO₃ dan jumlah SiO₂ yang digunakan.

Analisis morfologi permukaan dilakukan dengan menggunakan instrumen Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-ray Spectrometer (SEM-EDX) yang bertujuan untuk mendapatkan gambar pada tingkat mikro dengan resolusi yang tinggi serta struktur tiga dimensi dari katalis yang dihasilkan dan untuk mengetahui konsentrasi unsur yang terkandung dalam katalis. Sementara analisis ukuran partikel akan menggunakan software Image-J yang didasarkan pada citra yang dihasilkan oleh SEM.

3. Tahap Transesterifikasi

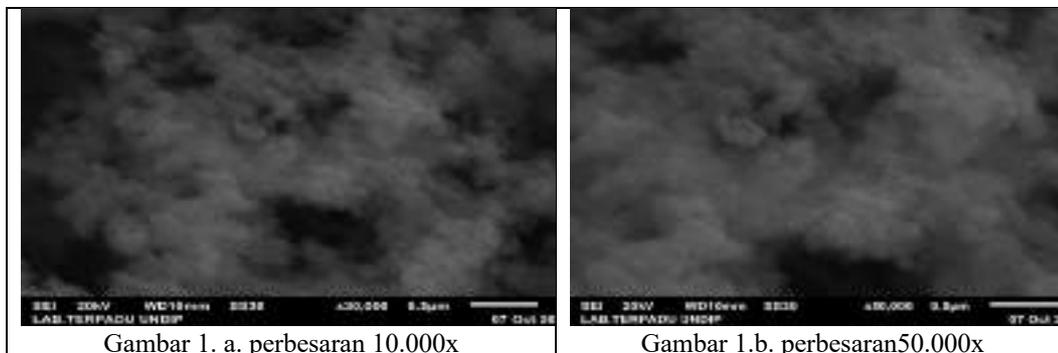
Proses transesterifikasi minyak biji jarak kepyar dilangsungkan dalam reactor berukuran 200 mL. Reactor dilengkapi dengan kondensor, thermometer, magnetic stirrer dan sebuah oil bath. Minyak ditimbang sebanyak 50 gram dan metanol dengan rasio 1:12 (rasio mol minyak : metanol). Kemudian ditambahkan 7% katalis dari berat minyak lalu dipanaskan pada suhu konstan 65 °C. Proses transesterifikasi berlangsung selama 4 jam sambil diaduk terus menerus. Setelah 4 jam reaksi, campuran didinginkan kemudian disentrifugasi selama 30 menit pada kecepatan 700 rpm. Hasil sentrifugasi dimasukan kedalam corong pisah lalu diendapkan selama 24 jam untuk dipisahkan antara gliserol dan metil ester. Setelah 24 jam terbentuk 2 lapisan, yaitu bagian atas corong adalah metil ester (biodiesel) dan bagian bawah corong adalah gliserol. Rendemen merupakan perbandingan berat biodiesel dengan berat minyak awal. Untuk menghitung rendemen biodiesel yang diperoleh digunakan persamaan (1).

$$\% \text{ yield} = \frac{\text{berat biodiesel}}{\text{berat minyak}} \times 100\% \tag{1}$$

HASIL

A. Hasil Karakterisasi Morfologi Katalis dengan SEM-EDX

1. CaO/SiO₂



Gambar 1. Foto hasil uji SEM katalis CaO/SiO₂ 0%

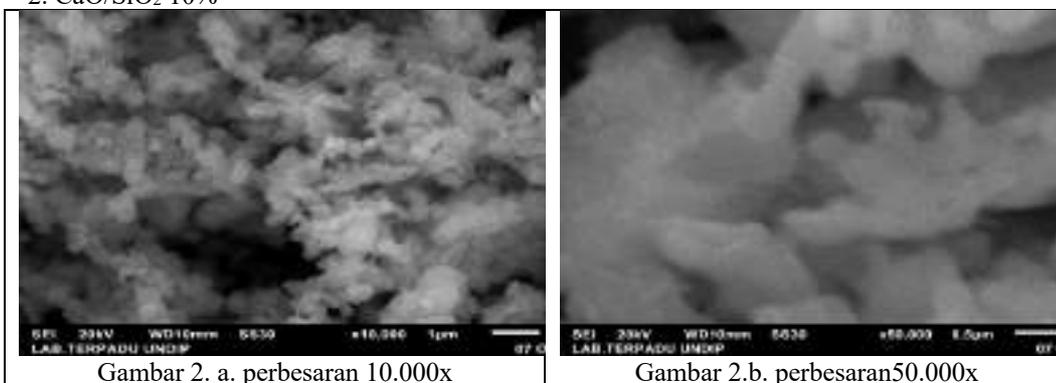
Dari Gambar 1 terlihat pada permukaan katalis partikel tersebar kurang merata. Pada beberapa tempat juga terlihat partikel putih yang bergerombol membentuk gumpalan. Terjadinya

penggumpalan pada permukaan katalis ini disebabkan karena kurangnya komposisi SiO₂ pada katalis. Dalam hal ini silika berfungsi sebagai pemberi cela antar komponen aktif katalis [14], sehingga berkurangnya komposisi silika dibandingkan dengan CaO menyebabkan terjadinya penggumpalan pada partikel. Hasil analisis partikel dengan *Image-J* menunjukkan bahwa katalis memiliki ukuran partikel 652,91 μm.

Tabel 1. Hasil analisis komposisi unsur-unsur CaO/SiO₂

Nama Sampel Uji	Komponen	Satuan	Nilai Hasil Analisis	Metode Uji
CaO/SiO ₂ 0%	C	% berat	74,31	SEM EDX
	Al ₂ O ₃		0,30	
	CaO		0,02	
	CuO		1,14	

2. CaO/SiO₂ 10%



Gambar 2. Foto hasil uji SEM katalis CaO/SiO₂ 10%

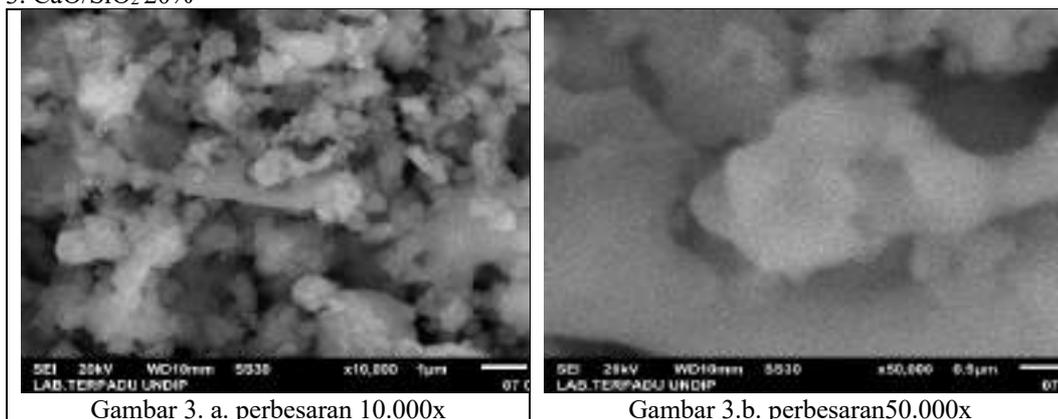
Dari Gambar 2 terlihat pada permukaan katalis partikel tersebar kurang merata. Pada beberapa tempat terlihat partikel putih yang bergerombol membentuk gumpalan. Terjadinya penggumpalan pada permukaan katalis ini disebabkan karena kurangnya massa CaCO₃ dan komposisi SiO₂ pada katalis. Dalam hal ini silika berfungsi sebagai pemberi celah antar komponen aktif katalis [14], sehingga dengan berkurangnya komposisi silika dibandingkan CaO menyebabkan terjadinya penggumpalan pada partikel. Hasil analisis ukuran partikel menggunakan *Image-J* menunjukkan bahwa katalis memiliki ukuran partikel yang besar yaitu 1024,81 μm. Sedangkan hasil analisis terhadap kandungan unsur pada katalis ditampilkan pada Table 2

Tabel 2. Hasil analisis komposisi unsur-unsur CaO/SiO₂ 10%

Nama Sampel Uji	Komponen	Satuan	Nilai Hasil Analisis	Metode Uji
CaO/SiO ₂ 10%	C	% berat	18,31	SEM EDX
	MgO		1,39	
	Al ₂ O ₃		0,87	
	SiO ₂		34,23	
	CaO		42,57	

Dari tabel 2 terlihat bahwa unsur yang terkandung dalam katalis dominan adalah CaO dan SiO₂. Unsur CaO yang mendominasi menyebabkan terjadinya penggumpalan pada permukaan katalis karena dibandingkan silika CaO memiliki komposisi yang lebih dominan dengan ukuran partikel yang lebih besar.

3. CaO/SiO₂ 20%



Gambar 3. Foto hasil analisis uji SEM katalis CaO/SiO₂ 20

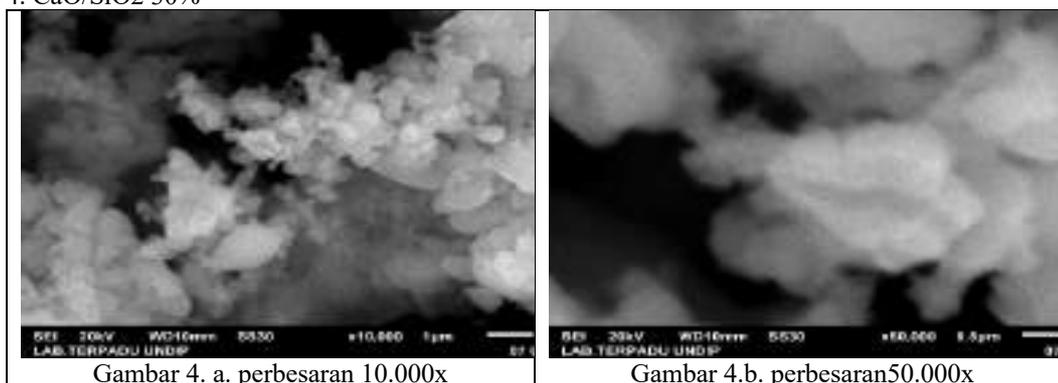
Dari Gambar 3 terlihat pada permukaan katalis partikel tersebar kurang merata pada beberapa tempat juga terlihat partikel berwarna putih yang masih menggumpal. Namun jika di bandingkan dengan katalis CaO/SiO₂ 10% pada katalis ini partikel yang menggumpal pada permukaan sudah lebih berkurang. Semakin bertambahnya massa CaCO₃ dan komposisi silika sebagai pemberi celah antar partikel menyebabkan semakin berkurangnya partikel yang bergerombol kemudian membentuk gumpalan. Hasil analisis ukuran partikel menggunakan *Image-J* menunjukkan bahwa katalis memiliki ukuran partikel yaitu 955,71 µm. Sedangkan hasil analisis terhadap kandungan unsur pada katalis ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil analisis komposisi unsur-unsur CaO/SiO₂ 20%

Nama Sampel Uji	Komponen	Satuan	Nilai Hasil Analisis	Metode Uji
CaO/SiO ₂ 20%	C	% berat	21,03	SEM EDX
	MgO		1,46	
	Al ₂ O ₃		0,76	
	SiO ₂		21,44	
	CaO		52,35	

Dari tabel 3 terlihat bahwa unsur yang terkandung dalam katalis CaO/SiO₂ 20% adalah unsur penyusun katalis itu sendiri dengan yang paling dominan adalah unsur CaO dan SiO₂.

4. CaO/SiO₂ 30%



Gambar 4 Foto hasil analisis uji SEM katalis CaO/SiO₂ 30%

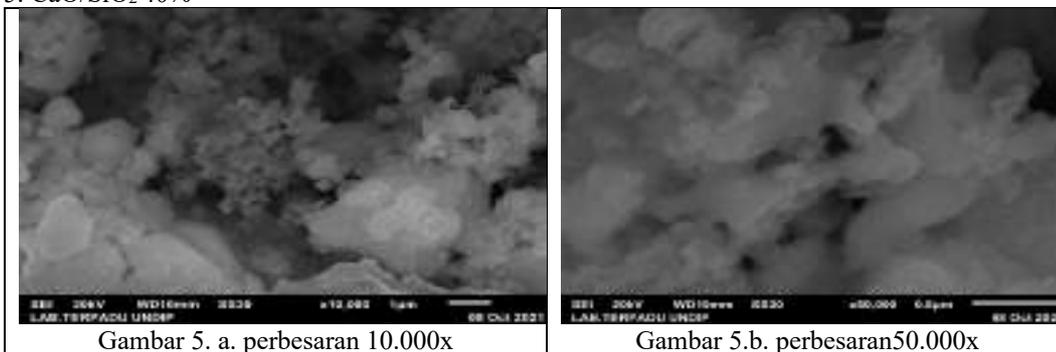
Dari Gambar 4 terlihat pada permukaan katalis partikel tersebar kurang merata. Pada beberapa tempat juga terdapat partikel yang bergerombol dengan ukuran yang tidak seragam, beberapa partikel dengan ukuran yang lebih besar dan menggumpal. Hasil analisis ukuran partikel menunjukkan katalis memiliki ukuran partikel yaitu 751,94 µm. Sementara hasil analisis unsur dengan EDX ditampilkan pada Tabel 4

Tabel 4 Hasil analisis komposisi unsur-unsur CaO/SiO₂ 30%

Nama Sampel Uji	Komponen	Satuan	Nilai Hasil Analisis	Metode Uji
CaO/SiO ₂ 30%	C	% berat	23.28	SEM EDX
	MgO		1.09	
	Al ₂ O ₃		0.7	
	SiO ₂		32.47	
	CaO		39.1	

Dari Tabel 4 terlihat bahwa unsur yang terdapat pada katalis CaO/SiO₂ 30% adalah unsur penyusun katalis itu sendiri dengan yang paling dominan adalah CaO dan SiO₂.

5. CaO/SiO₂ 40%



Gambar 5. Foto hasil analisis uji SEM katalis CaO/SiO₂ 40%

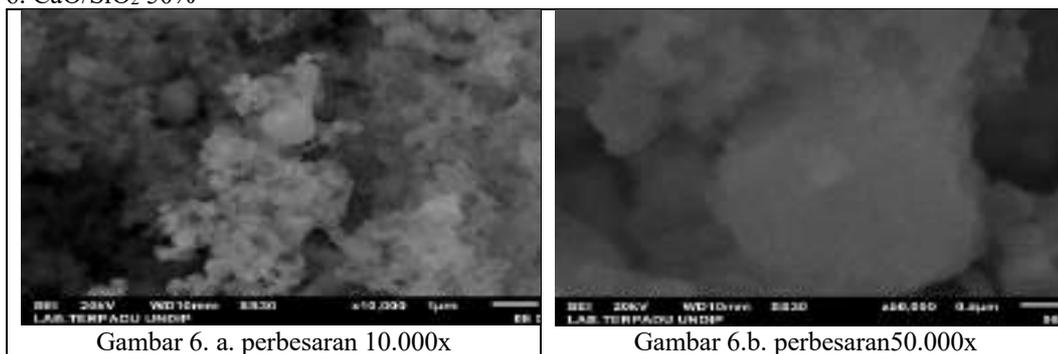
Dari Gambar 5 terlihat pada permukaan katalis partikel tersebar tidak merata dengan ukuran yang tidak seragam beberapa partikel dengan ukuran yang lebih besar dan menggumpal. Namun jika dibandingkan dengan katalis sebelumnya, pada katalis ini partikel yang menggumpal pada permukaan katalis sudah berkurang. Terjadi penggumpalan ini karna kurangnya komposisi silika, dan massa CaCO₃ yang masih sedikit. dalam hal ini silika berfungsi sebagai pemberi celah antar komponen aktif katalis. Hasil analisis ukuran partikel menunjukkan katalis memiliki ukuran partikel yaitu 528,53 μm. Hasil analisis komposisi unsur dengan EDX ditampilkan pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil analisis komposisi unsur CaO/SiO₂ 40%

Nama Sampel Uji	Komponen	Satuan	Nilai Hasil Analisis	Metode Uji
CaO/SiO ₂ 40%	C	% berat	21,12	SEM EDX
	MgO		0,79	
	Al ₂ O ₃		0,72	
	SiO ₂		43,82	
	CaO		30,80	

Dari Tabel 5 terlihat bahwa unsur yang terkandung dalam katalis CaO/SiO₂ 40% adalah unsur penyusun katalis itu sendiri.

6. CaO/SiO₂ 50%



Gambar 6 Foto hasil analisis uji SEM katalis CaO/SiO₂ 50%

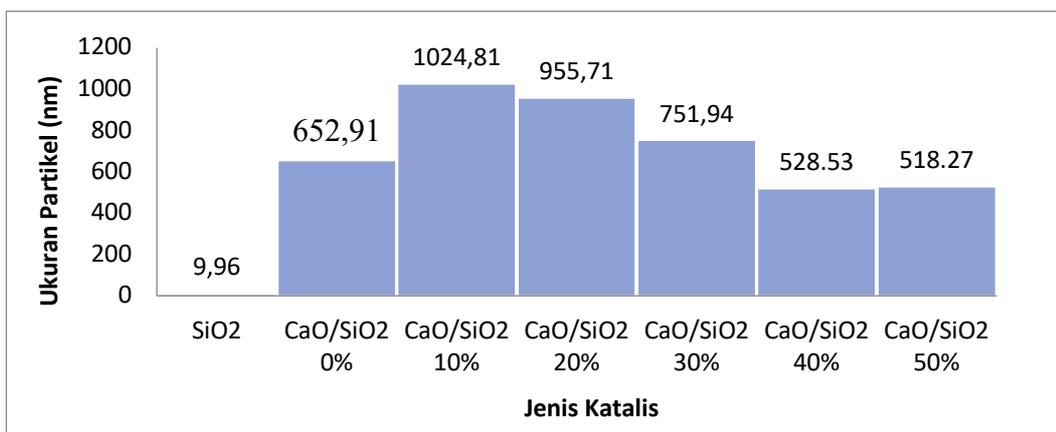
Dari Gambar 6 terlihat pada permukaan katalis partikel tersebar tidak merata dengan ukuran yang tidak. Namun jika dibandingkan dengan katalis sebelumnya, pada katalis ini partikel yang menggumpal pada permukaan katalis sudah lebih berkurang hal ini disebabkan karena banyaknya massa CaCO₃ dan komposisi SiO₂ yang berperan sebagai pemberi celah antar komponen aktif. Hasil analisis ukuran partikel menunjukkan katalis memiliki ukuran partikel yaitu 518,27 µm. Hasil analisis komposisi unsur dengan EDX ditampilkan pada Tabel 6.

Tabel 6 Hasil analisis komposisi unsur CaO/SiO₂ 50%

Nama Sampel Uji	Komponen	Satuan	Nilai Hasil Analisis	Metode Uji
CaO/SiO ₂ 50%	C	% berat	41,83	SEM EDX
	Al ₂ O ₃		0,54	
	SiO ₂		50,15	
	CaO		7,48	

Pada Tabel 6 terlihat bahwa unsur yang terkandung dalam katalis CaO/SiO₂ 50% adalah unsur penyusun katalis itu sendiri. Dengan unsur yang mendominasi adalah unsur CaO dan SiO₂.

B. Hasil Analisis Ukuran Partikel dengan Menggunakan Software Image-J

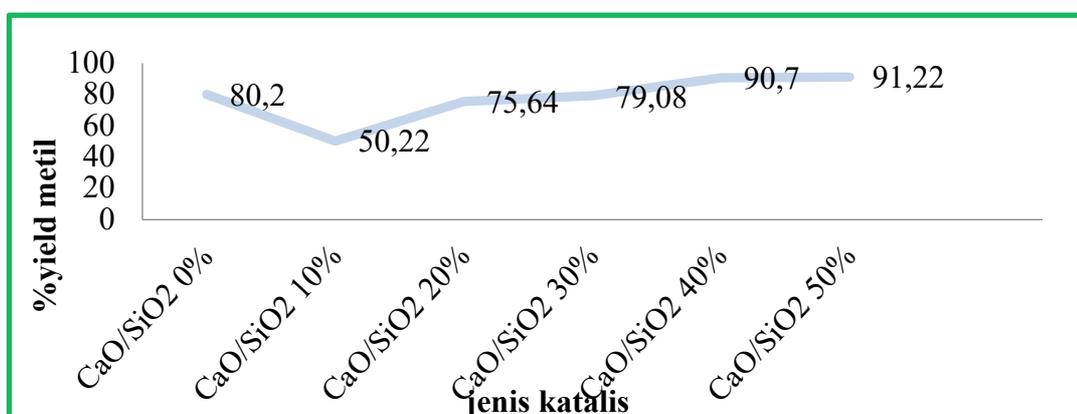


Gambar 7. Grafik hubungan massa CaCO₃ terhadap ukuran partikel katalis

Dalam Gambar 7 terlihat bahwa ukuran partikel terkecil adalah SiO₂ yaitu 9,96 µm sementara CaCO₃ memiliki ukuran partikel yang lebih besar yaitu 652,91 µm. setelah penambahan silika dengan komposisi 10% dan massa CaCO₃ 5,85% katalis yang di hasilkan memiliki ukuran partikel 1024,81 µm. CaCO₃ sendiri memiliki komposisi yang lebih tinggi dibandingkan dengan SiO₂

sehingga tidak terdispersi secara optimal sehingga katalis yang dihasilkan memiliki ukuran partikel yang besar. Kemudian pada penambahan komposisi SiO₂ 20% dan peningkatan massa CaCO₃ sebanyak 12,28% katalis yang dihasilkan memiliki ukuran lebih kecil yaitu 955,71 μm. Selanjutnya pada penambahan komposisi SiO₂ 30% dan peningkatan massa CaCO₃ sebanyak 19,35% katalis yang dihasilkan memiliki ukuran partikel yang lebih kecil dari katalis dengan komposisi 10% dan 20% yaitu 751,94 μm. Selanjutnya pada penambahan komposisi 40% SiO₂ katalis yang dihasilkan memiliki ukuran partikel lebih kecil dari katalis dengan komposisi 30% yaitu 528,53 μm. Selanjutnya katalis dengan penambahan SiO₂ 50% katalis dan peningkatan massa CaCO₃ sebanyak 35,90% yang dihasilkan memiliki ukuran partikel paling kecil yaitu 518,27 μm. Terlihat dari setiap katalis dengan penambahan komposisi SiO₂ yang semakin banyak dan peningkatan massa CaCO₃ yang digunakan ukuran partikel dari katalis yang hasilkan semakin kecil, hal ini dikarenakan penambahan dari massa CaCO₃ maka CaO terdistribusi secara merata dengan silika. SiO₂ pada setiap katalis silika berfungsi sebagai pemberi celah antar partikel pada fasa aktif sehingga penambahan silika yang cukup dapat mengurangi partikel CaCO₃ yang akan bergerombol membentuk gumpalan sehingga katalis yang dihasilkan pun memiliki ukuran partikel yang kecil.

C. Hasil Reaksi Transesterifikasi Minyak Jarak Kepyar

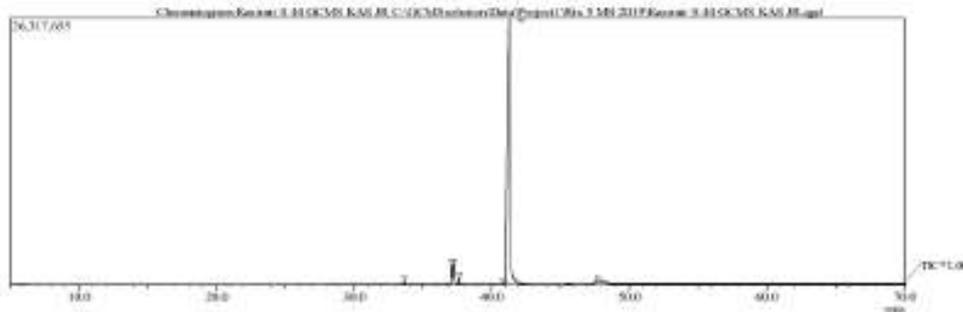


Gambar 8 Grafik hubungan antara massa CaCO₃ dengan %yield metil ester

Dari Gambar 8 terlihat bahwa % yield metil ester pada katalis CaO/SiO₂ 0% 80,2%. dapat dilihat bahwa penambahan massa CaCO₃ pada katalis CaO/SiO₂ juga menurunkan rendemen metil ester yang dihasilkan pada katalis (CaO/SiO₂ 10%). Namun penambahan massa CaCO₃ pada SiO₂ meningkatkan yield metil ester yang diperoleh (20 sampai 50% CaO/SiO₂). Dari data tersebut Semakin besar luas permukaan katalis maka semakin tinggi yield metil ester yang diperoleh. morfologi permukaan katalis yang besar dapat meningkatkan kemungkinan terjadinya kontak dengan molekul reaktan sehingga dapat meningkatkan % yield yang dihasilkan. Gambar 5.8 menunjukkan penurunan hasil rendemen metil ester pada komposisi CaO/SiO₂ 10%. Hal ini dapat disebabkan tertutupnya pori silika oleh CaO sehingga yield metil ester yang diperoleh menurun. Pada katalis CaO/SiO₂ 50% yang memiliki persentasi metil ester yang tertinggi yaitu 91,22% memiliki sisi aktif basa katalis yang lebih besar dibandingkan dengan katalis lainnya sehingga yield metil ester yang didapat meningkat.

D. Analisis Kandungan Senyawa Metil Ester

1. Metil ester katalis CaO/SiO₂ 50%

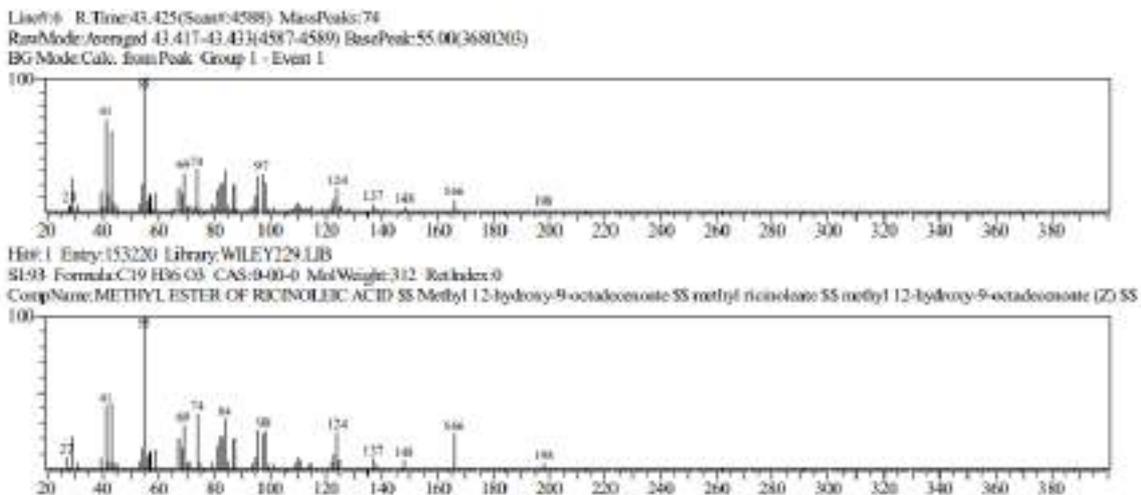


Gambar 9 Kromatogram metil ester dari katalis CaO/SiO₂ 50%

Tabel 7 Hasil analisis GC-MS metil ester dari katalis CaO/SiO₂

Peak	Waktu Retensi	% Area	Nama Senyawa
1	35.821	1.09	Asam stearate
2	39.296	3.85	Asam linoleate
3	39.421	3.04	Asam oktadekanoat
4	39.525	0.36	Asam palmitate
5	39.891	1.14	Asam oleat
6	43.425	90.52	Metil ester dari asam risonelat

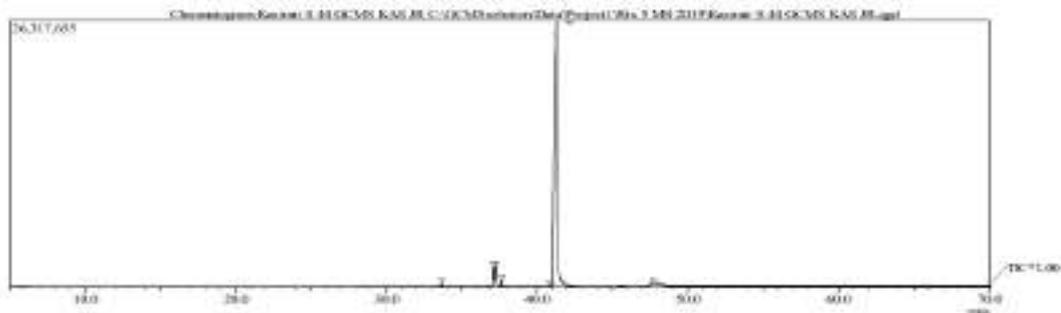
Dari Gambar 9 terlihat 6 puncak yang terdeteksi. Hal ini berarti bahwa terdapat 6 senyawa yang terkandung dalam metil ester minyak jarak kepyar hasil transesterifikasi menggunakan katalis CaO/SiO₂ 50%. Spektrum yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan data WILEY229.LIB dan menunjukkan hasil bahwa senyawa yang terdeteksi adalah senyawa penyusun minyak jarak kepyar yaitu asam stearate pada waktu retensi 35.821, asam linoleate pada waktu retensi 39.296, asam palmitate pada waktu retensi 39.525, asam oleat pada waktu retensi 39.891 dan asam risonelat pada waktu retensi 43.425. Pada kromatogram juga terlihat bahwa spektrum tertinggi adalah peak 6 yang merupakan spektrum dari asam risonelat.



Gambar 10 Kromatogram asam risonelat dari minyak jarak kepyar hasil transesterifikasi katalis CaO/SiO₂ 50%

Dari hasil analisis GC-MS asam risonelat merupakan senyawa yang paling dominan dengan % area yaitu 90.52. Hal ini sama dilaporkn oleh [15] dimana senyawa dengan kandungan tertinggi pada minyak jarak kepyar adalah risonelat [15].

2. Metil ester hasil esterifikasi

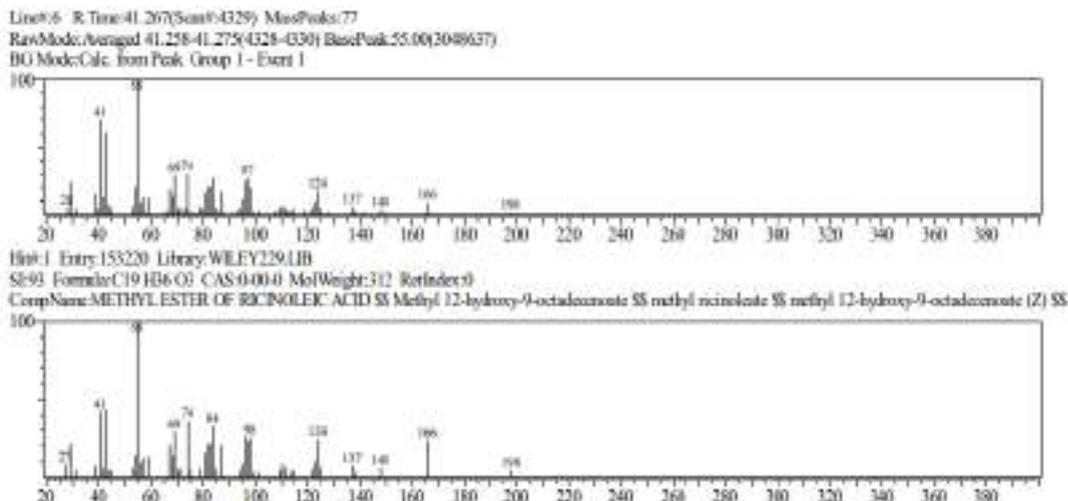


Gambar 11 Kromatogram metil ester reaksi esterifikasi

Dari Gambar 11 terlihat pada kromatogram terdapat 7 puncak yang terdeteksi. Puncak tertinggi adalah puncak ke-6 dengan waktu retensi 41.27. Spektrum yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan data WILEY229.LIB dan senyawa yang terbaca merupakan senyawa yang terkandung dalam minyak jarak kepyar seperti yang dilaporkan [16]. Namun dari hasil analisis juga terdapat senyawa asing yang terkandung dalam metil ester yaitu oktadesenil aldehida pada waktu retensi 47.785 dan asam elaidat yang merupakan isomer trans dari asam oleat dan terbaca pada waktu retensi 40.89.

Tabel 8 Hasil analisis GC-MS metil ester reaksi esterifikasi minyak jarak kepyar

Peak	Waktu Retensi	% Area	Komponen kimia
1	33.688	0.75	Asam stearat
2	37.131	2.68	Asam linoleate
3	37.237	3.24	Asam oleat
4	37.668	0.88	Asam palmitate
5	40.890	0.29	Asam elaidat



Gambar 12 Kromatogram asam risonelat dari minyak jarak hasil esterifikasi.

Puncak ke-6 adalah puncak tertinggi yang terbaca pada waktu retensi 41.270 dan berdasarkan data WILEY229.LIB merupakan puncak dari asam risinoelat. Jumlah senyawa yang terbaca dari hasil GC-MS melalui reaksi esterifikasi ini memiliki jumlah yang lebih banyak dibandingkan dari hasil tranesterifikasi dengan katalis CaO/SiO₂ 50% yang yang berarti terdapat lebih banyak senyawa yang berpotensi menjadi biodiesel.

SIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pengaruh massa CaCO_3 pada katalis CaO/SiO_2 terhadap morfologi permukaan, ukuran partikel dan rendamen metil ester pada reaksi transesterifikasi minyak jarak kepyar adalah massa CaCO_3 yang sangat sedikit pada katalis menyebabkan terjadinya penggumpalan pada permukaan katalis. Pada ukuran partikel semakin meningkatnya massa CaCO_3 pada CaO/SiO_2 maka ukuran partikel yang dihasilkan semakin kecil. massa CaCO_3 yang sangat sedikit menyebabkan katalis tidak terdispersi dengan baik sehingga menghasilkan ukuran partikel yang besar. Sementara pada reaksi transesterifikasi Aktivitas katalitik katalis cenderung meningkat pada CaO/SiO_2 dengan perolehan % yield optimum yang diperoleh pada komposisi CaO/SiO_2 50% yaitu sebesar 91,22%. Peningkatan metil ester disebabkan oleh sisi aktif dari katalis CaO/SiO_2 50% lebih besar dari katalis lainnya sehingga yield metil ester dapat meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Fitriana, Anindhita, A. Sugiyono, L. M. A. Wahid, and Adiarso, *Outlook energi Indonesia 2017: Inisiatif pengembangan teknologi energi bersih*. Jakarta: Pusat Teknologi Sumber Daya Energi dan Industri Kimia., no. October. jakarta: Pusat Teknologi Sumber Daya Energi dan Industri Kimia (PTSEIK) Center for Technology of Energy Resources and Chemical Industry Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) Agency for the Assessment and Application of Technology Gedung BPPT II, Lantai 1, 2017.
- [2] K. Noiroj, P. Intarapong, A. Luengnaruemitchai, and S. Jai-In, "A comparative study of $\text{KOH/Al}_2\text{O}_3$ and KOH/NaY catalysts for biodiesel production via transesterification from palm oil," *Renew. Energy*, vol. 34, no. 4, pp. 1145–1150, 2009, doi: 10.1016/j.renene.2008.06.015.
- [3] A. Havendri, "Kaji Rksperimental Presentasi dan Emisi Gas Buang Motor Bakar Diesel Menggunakan Variasi Campuran Bahan Bakar Biodiesel Minyak Jarak (*Jatropha curcas* L) dengan Solar," *J. Tek.*, vol. 1, no. 29, pp. 65–72, 2008, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/291176140_Kaji_eksperimental_prestasi_dan_emisi_gas_buang_motor_bakar_diesel_menggunakan_variasi_campuran_bahan_bakar_biodiesel_minyak_jarak_Jatropha_curcas_L_dengan_solar_A_performance_test_and_exhaust_emissio.
- [4] G. Corro, U. Pal, and N. Tellez, "Biodiesel production from *Jatropha curcas* crude oil using ZnO/SiO_2 photocatalyst for free fatty acids esterification," *Appl. Catal. B Environ.*, vol. 129, pp. 39–47, 2013, doi: 10.1016/j.apcatb.2012.09.004.
- [5] D. E. López, J. G. Goodwin, D. A. Bruce, and E. Lotero, "Transesterification of triacetin with methanol on solid acid and base catalysts," *Appl. Catal. A Gen.*, vol. 295, no. 2, pp. 97–105, 2005, doi: 10.1016/j.apcata.2005.07.055.
- [6] A. Sivasamy, K. Y. Cheah, P. Fornasiero, F. Kemausoor, S. Zinoviev, and S. Miertus, "Catalytic applications in the production of biodiesel from vegetable oils," *ChemSusChem*, vol. 2, no. 4, pp. 278–300, 2009, doi: 10.1002/cssc.200800253.
- [7] S. Luz Martínez, R. Romero, J. C. López, A. Romero, V. Sánchez Mendieta, and R. Natividad, "Preparation and characterization of CaO nanoparticles/ NaX zeolite catalysts for the transesterification of sunflower oil," in *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 2011, vol. 50, no. 5, pp. 2665–2670, doi: 10.1021/ie1006867.
- [8] X. Liu, H. He, Y. Wang, S. Zhu, and X. Piao, "Transesterification of soybean oil to biodiesel using CaO as a solid base catalyst," *Fuel*, vol. 87, no. 2, pp. 216–221, 2008, doi: 10.1016/j.fuel.2007.04.013.
- [9] I. M. Putra and A. Wisnu, "Pembuatan dan Karakterisasi Katalis CaO/Z olit Alam," *J. Media Sains*, vol. 1, no. 1, pp. 138–142, 2017.
- [10] Z. Helwani, M. R. Othman, N. Aziz, J. Kim, and W. J. N. Fernando, "Solid heterogeneous catalysts for transesterification of triglycerides with methanol: A review," *Applied Catalysis A: General*, vol. 363, no. 1–2, pp. 1–10, 2009, doi: 10.1016/j.apcata.2009.05.021.
- [11] Y. C. Sharma, B. Singh, and S. N. Upadhyay, "Advancements in development and characterization of biodiesel: A review," *Fuel*, vol. 87, no. 12, pp. 2355–2373, 2008, doi: 10.1016/j.fuel.2008.01.014.
- [12] Haryono, C. L. Natanael, Rukiah, and Y. B. Yulianti, "Kalsium oksida mikropartikel dari

- cangkang telur sebagai katalis pada sintesis biodiesel dari minyak goreng bekas,” *J. Mater. dan Energi Indones.*, vol. 8, no. 1, pp. 8–15, 2018.
- [13] Z. Zuhra, H. Husin, F. Hasfita, and W. Rinaldi, “PREPARASI KATALIS ABU KULIT KERANG UNTUK TRANSESTERIFIKASI MINYAK NYAMPLUNG MENJADI BIODIESEL (Preparation of Cockle Shell Powder Catalyst for Transesterification of *Calophyllum inophyllum* L. Oil to Biodiesel),” *J. Agritech*, vol. 35, no. 01, p. 69, 2015, doi: 10.22146/agritech.9421.
- [14] R. K. Widi, *Pemanfaatan Material Anorganik: Pengenalan Dan Beberapa Inovasi Di Bidang Penelitian*. Surabaya: Deepublish, 2018.
- [15] S. Al-Ayubi, “Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Jarak Kepyar (*Ricinus Communis* L.) Melalui Reaksi Transesterifikasi Dengan Variasi Suhu Menggunakan Katalis Koh/Zeolit,” 2019.
- [16] O. Rumape, “Isolasi dan Identifikasi Senyawa Antifeedant Pada Daun Jarak Kepyar (*Ricinus communis* L) Terhadap Serangga (*Epilachna varivestis*),” 2013.
- [17] Banaweng, M. (2020). Pengaruh Komposisi CaO Pada Katalis CaO/SiO₂ terhadap Karakter Luas Permukaan Spesifik, Volume Total Pori, Rerata Jejari Pori Dan Aktivitas Pada Reaksi Transesterifikasi Minyak Biji Kelor. Kupang: Universitas Nusa Cendana.

STUDI LITERATUR; PENGARUH VARIASI KONSENTRASI NaOH TERHADAP PRODUKSI ASAM OKSALAT DENGAN BAHAN BAKU KERTAS KORAN BEKAS

Mariana Carvalho¹; Heru Christianto²

Pendidikan Kimia/FKIP – University of Nusa Cendana, Kupang - Indonesia

Email: ana.4174.com@gmail.com

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi NaOH terhadap produksi asam oksalat dengan bahan baku kertas koran bekas. Penelitian ini menggunakan metode studi literatur berdasarkan artikel penelitian yang telah dilakukan para peneliti terdahulu. Sampah merupakan salah satu permasalahan di Indonesia yang belum teratasi hingga saat ini. Pengelolaan sampah di Indonesia telah menjadi masalah serius karena pertumbuhan penduduk berdampak pada peningkatan timbunan sampah. Kertas koran bekas terbuat dari pohon dimana senyawa penyusunnya mengandung selulosa. Jika selulosa dihidrolisis dengan menggunakan larutan Natrium hidroksida maka akan dihasilkan asam oksalat yang mempunyai nilai ekonomi lebih tinggi. Pada waktu yang sama semakin tinggi konsentrasi NaOH asam oksalat yang dihasilkan meningkat dari 30% ke 40% namun kembali menurun pada 50% ke 60%. Pada konsentrasi yang sama, terdapat perbedaan jumlah hasil asam oksalat antara NaOH 30% dengan NaOH 40%, 50% dan 60%. Berdasarkan data hasil, disimpulkan bahwa pembuatan Asam oksalat dengan memanfaatkan kertas koran bekas menggunakan NaOH dapat dipengaruhi oleh besar konsentrasi NaOH yang digunakan dan lama waktu pembuatan. Hasil optimum yang diperoleh dari NaOH dengan konsentrasi yang bervariasi adalah pada konsentrasi 40% dengan waktu 70 menit.

Kata kunci: sampah, kertas, NaOH, asam oksalat, konsentrasi.

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the effect of variations in NaOH concentration on the production of oxalic acid with used newsprint as the raw material. This study uses a literature study method based on research articles that have been carried out by previous researchers. Garbage is one of the problems in Indonesia that has not been resolved until now. Waste management in Indonesia has become a serious problem because population growth has an impact on increasing waste piles. Old newsprint is made from trees where the constituent compounds contain cellulose. If cellulose is hydrolyzed using sodium hydroxide solution, oxalic acid will be produced which has a higher economic value. At the same time the higher the concentration of NaOH the oxalic acid produced increased from 30% to 40% but again decreased at 50% to 60%. At the same concentration, there were differences in the amount of oxalic acid yield between 30% NaOH and 40%, 50% and 60% NaOH. Based on the result data, it was concluded that the manufacture of oxalic acid by using old newsprint using NaOH could be influenced by the concentration of NaOH used and the length of time of manufacture. The optimum results obtained from NaOH with varying concentrations are at a concentration of 40% with a time of 70 minutes.

Keyword: waste, paper, NaOH, oxalic acid, concentration.

PENDAHULUAN

Sampah merupakan salah satu permasalahan di Indonesia yang belum teratasi hingga saat ini. Pengelolaan sampah di Indonesia telah menjadi masalah serius karena pertumbuhan penduduk berdampak pada peningkatan timbunan sampah. Jumlah sampah semakin meningkat dari tahun ke tahun. Peningkatan sampah tidak hanya disebabkan oleh peningkatan jumlah penduduk, tetapi juga peningkatan aktivitas ekonomi dan demografi. Kertas adalah salah satu limbah yang paling banyak dihasilkan oleh manusia, baik yang dihasilkan oleh rumah tangga maupun sekolah dan perkantoran. Limbah kertas menjadi salah satu masalah yang serius di bumi ini. [1]

Tingkat kehidupan suatu negara menurut para ahli bisa diukur dari konsumsi kertas setiap tahunnya. Indonesia sebagai salah satu negara yang sedang berkembang mempunyai konsumsi kertas yang semakin lama semakin meningkat. Dengan meningkatnya pemakaian kertas, meningkat pula kertas bekas yang terbuang.

Secara umum kertas koran bekas terbuat dari pohon dimana senyawa penyusunnya mengandung selulosa yang merupakan polisakarida rantai panjang yang tersusun oleh 150 sampai 1250 unit selulosa per molekul dengan berat molekul 50 000 sampai 400 000 sehingga membentuk serat-serat dalam tanaman. Jika selulosa dihidrolisis dengan menggunakan larutan Natrium hidroksida maka akan dihasilkan asam oksalat yang mempunyai nilai ekonomi lebih tinggi. Karena banyaknya kertas koran bekas di Indonesia dan besarnya kegunaan asam oksalat diberbagai industri maka pengolahan kertas koran bekas dengan larutan NaOH menjadi asam oksalat diharapkan mempunyai masa depan dan berkembang dengan baik. [2]

Asam oksalat dapat digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan zat pewarna, keperluan analisa laboratorium, industri lilin, tinta, fotografi dan juga di bidang obat-obatan. Asam oksalat merupakan turunan dari asam karboksilat yang mengandung 2 gugus karboksil yang terletak pada ujung-ujung rantai karbon yang lurus yang mempunyai rumus molekul $C_2H_2O_4$ dan bersifat tidak berbau, higroskopik, berwarwa putih sampai tidak berwarna dan mempunyai berat molekul 90 gram/mol [3]

Kebutuhan asam oksalat di Indonesia mengalami peningkatan. Hal tersebut disebabkan oleh banyaknya penggunaan asam oksalat terutama di bidang industri. Dalam memenuhi kebutuhan akan asam oksalat Indonesia mengimpornya dari luar negeri. Asam oksalat merupakan senyawa derivat dari asam karboksilat dengan 2 gugus karboksil yang letaknya pada bagian ujung rantai karbon lurus. Pada bidang industri, asam oksalat memiliki banyak peranan penting, diantaranya sebagai bahan pelapis untuk pelindung logam dari kerak, bleaching (zat pemutih), bahan campuran zat warna dalam industri tekstil maupun cat serta sebagai inisiator (bahan baku) dalam pabrik polimer dan lain-lain [4]

Proses reaksi pembuatan asam oksalat dengan peleburan alkali ada beberapa tahap, yaitu Proses peleburan, Tahap pengendapan dan penyaringan, Tahap pengasaman, Tahap analisa hasil. [5]

Faktor – faktor yang mempengaruhi proses peleburan alkali adalah konsentrasi larutan basa dan waktu peleburan, larutan pelebur digunakan adalah NaOH. Jika konsentrasi larutan basa yang dipakai terlalu rendah, maka kecepatan reaksinya kecil sehingga dalam waktu tertentu hasil yang diperoleh hanya sedikit. Sebaliknya semakin pekat larutan basa, maka kecepatan reaksinya akan besar. Range konsentrasi NaOH yaitu 15-50%. Makin lama waktu peleburan hasil yang diperoleh akan semakin banyak tetapi jika peleburan diteruskan, hasil yang diperoleh akan turun karena akan terurai. Waktu terbaik dipengaruhi oleh jumlah zat yang dilebur, cepat lambatnya peleburan dan suhu peleburan. Range waktu peleburan 60-120 menit [2]

METODE

Variable penelitian

Pada penelitian yang dilakukan oleh Narimo pada tahun 2006 [2], dipilih variabel berubah: Waktu peleburan (50, 60, 70, 80 menit) dan konsentrasi NaOH (30%, 40%, 50%, 60%)

Alat-alat yang digunakan

1. Labu leher tiga
2. Pipet Volume

3. Kondensor
4. Magnetic Stirer
5. Buret
6. Batang pengaduk
7. Oven
8. Beaker Glass
9. Cawan
10. Erlenmeyer
11. Statif
12. Termometer
13. Corong
14. Bola hisap
15. Kompor listrik
16. Gelas ukur
17. Klem
18. Pemanas Mantel

Bahan:

1. Kertas Koran bekas
2. Natrium Hidroksida (NaOH) 30%, 40%, 50%, 60%
3. Calcium Clorida (CaCl_2) jenuh
4. Asam sulfat (H_2SO_4 4N)
5. Kalium Permanganat (KMnO_4) 0,1 N
6. NatriumSulfit Na_2SO_3 2 %
7. Aquadest

Cara Kerja

Kertas Koran bekas yang digunakan yaitu kertas Koran bekas dari sebuah masmedia tertentu.

- A. Penetapan Kadar Air Bahan Baku
 1. Menimbang contoh yang telah berupa serbuk atau bahan yang telah dihaluskan sebanyak 1 sampai 2gram dalam botol timbang yang telah diketahui beratnya (A).
 2. Mengeringkan dalam oven pada suhu 100°C - 105°C , selama 2 jam.
 3. Kemudian mendinginkannya dalam desikator lalu menimbang.
 4. Mengeringkan lagi dalam oven selama 30 menit, mendinginkan dalam desikator lalu menimbang kembali.
 5. Perlakuan ini dilakukan sampai tercapai berat konstan (B).
- B. Analisa kadar selulosa
 1. Memasukkan 10 g kertas bekas koran kedalam beaker glass, menambahkan larutan NaOH 1 % sebanyak 200 ml kemudian mendidihkan selama 30 menit .
 2. Menyaring campuran tersebut dengan kain saring, kemudian sampai bebas basa.
 3. Memasukkan endapan dalam beaker glass dan menambahkan larutan Na_2SO_3 2 % sebanyak 100 ml kemudian mendidihkan selama 5 menit.
 4. Mendinginkan dan menyaring campuran kemudian mencuci dengan air panas. larutan, kemudian mencuci endapan dengan aquadest panas Mengeringkan endapan dalam oven sampai berat konstan.
- C. Pembuatan asam oksalat
 1. Memotong-motong kertas bekas koran kecil-kecil 0,5 cm kemudian menimbang sebanyak 15 g. 2.
 2. Memasukkan kertas dalam labu leher tiga kemudian menambah NaOH dengan konsentrasi tertentu sebanyak 200 ml dan setelah itu merangkai alat seperti gambar. 3.

3. Kemudian memanaskan labu leher tiga yang sudah dilengkapi pengaduk yang dapat diatur kecepatannya konstan. Menghitung waktu mulai mendidih. 4.
 4. Setelah pemanasan selesai mendinginkan dan menyaring larutan, kemudian mencuci endapan dengan aquadest panas 5.
 5. Mencampur filtrat hasil penyaringan dengan filtrat hasil pencucian sampai 400 ml sebagai larutan induk untuk perhitungan asam oksalat.
- D. Pengkristalan Asam Oksalat
1. Mengambil 25 ml sampel larutan induk kemudian menambahkan (CaCl_2) jenuh sehingga akan terjadi endapan putih kalsium oksalat. 2.
 2. Menyaring endapan kemudian menambahkan H_2SO_4 4N sebanyak 100 ml sehingga endapan akan terurai menjadi asam oksalat dan kalsium sulfat. 3.
 3. Menyaring hasil uraian dan mengambil filtrat 25 ml kemudian dimasukkan kedalam erlenmeyer 50 ml dan memanaskan sampai 70°C 4.
 4. Kemudian didinginkan dalam air es 24 jam sehingga terbentuk endapan asam oksalat yang berupa kristal jarum berwarna putih. 5.
 5. Menyaring endapan dan mengering-kan dalam oven, kemudian menimbang dan mencatat hasilnya.
- E. Analisa asam oksalat
1. Mengambil 0,1 gram asam oksalat yang telah dikristalkan dimasukkan kedalam erlenmeyer ditambahkan aquadet sampai 10 ml. 2.
 2. Kemudian memanaskan sampai 70°C . 3.
 3. Menitrasi dalam keadaan panas dengan KMnO_4 0,1N. Titik akhir titrasi tercapai ketika larutan tibul warna merah muda yang tidak hilang selama 30 detik.

HASIL

1. Hasil berat asam oksalat setelah pengkristalan

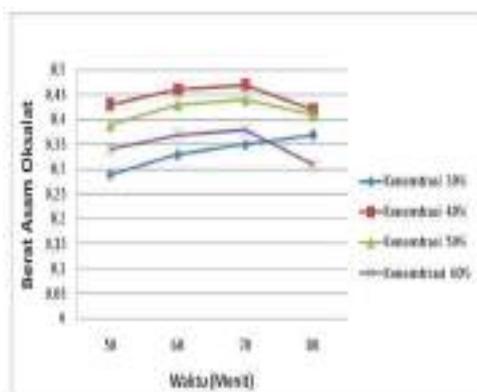
Tabel 1. Berat asam oksalat (gram)

Waktu (menit)	Konsentrasi NaOH (%)	Berat asam oksalat (gram)
50	30	0,29
	40	0,43
	50	0,39
	60	0,34
60	30	0,33
	40	0,46
	50	0,43
	60	0,37
70	30	0,35
	40	0,47
	50	0,44
	60	0,38
80	30	0,37
	40	0,42
	50	0,41
	60	0,31

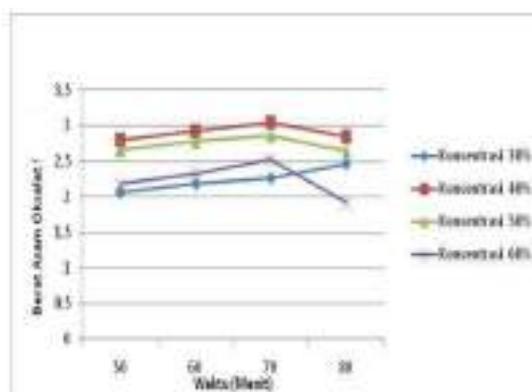
Tabel 2. Berat asam oksalat (%)

Waktu (menit)	Konsentrasi NaOH (%)	Berat asam oksalat (%)
50	30	2,06
	40	2,80
	50	2,66
	60	2,18
60	30	2,18
	40	2,92
	50	2,78
	60	2,33
70	30	2,26
	40	3,05
	50	2,86
	60	2,52
80	30	2,46
	40	2,85
	50	2,65
	60	1,92

2. Grafik hubungan waktu operasi dan konsentrasi terhadap berat asam oksalat yang dihasilkan



Gambar 1. Grafik hubungan waktu operasi dan konsentrasi terhadap berat asam oksalat yang terbentuk (gram)



Gambar 2. Grafik hubungan waktu operasi dan konsentrasi terhadap berat asam oksalat yang terbentuk (%)

Pada waktu yang sama semakin tinggi konsentrasi NaOH asam oksalat yang dihasilkan meningkat dari 30% ke 40% namun Kembali menurun pada 50% ke 60%. Hal ini diakibatkan oleh Penambahan konsentrasi akan mempunyai pengaruh terhadap hasil asam oksalat yang diperoleh yaitu konsentrasi semakin tinggi asam oksalat yang diperoleh semakin banyak, tetapi setelah

tercapai pada kondisi optimum hasilnya akan turun atau menjadi lebih kecil. Penggunaan NaOH terlalu pekat menyebabkan terbentuknya CO₂ dan H₂O.

Pada konsentrasi yang sama, terdapat perbedaan jumlah hasil asam oksalat antara NaOH 30% dengan NaOH 40%, 50% dan 60%. Dimana pada NaOH 30% semakin lama waktunya, jumlah hasil asam oksalat yang diperoleh semakin banyak. Hal ini dikarenakan, Semakin lama waktu operasi maka asam oksalat yang terbentuk akan semakin banyak sampai waktu tertentu. Hal ini dapat dilihat dari hasil percobaan yang telah dilakukan, yaitu untuk waktu yang lebih lama asam oksalat yang dihasilkan juga lebih banyak tetapi setelah mencapai kondisi yang optimum hasilnya akan turun menjadi lebih sedikit karena terjadi reaksi lanjut.

SIMPULAN

Berdasarkan data hasil, disimpulkan bahwa pembuatan Asam oksalat dengan memanfaatkan kertas koran bekas menggunakan NaOH dapat dipengaruhi oleh besar konsentrasi NaOH yang digunakan dan lama waktu pembuatan. Hasil optimum yang diperoleh dari NaOH dengan konsentrasi yang bervariasi adalah pada konsentrasi 40% dengan waktu 70 menit.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Zaky, D. Saputra, and A. S. Fauzi, "Pengolahan Sampah Kertas Menjadi Bahan Baku Industri Kertas Bisa Mengurangi Sampah di Indonesia," *J. mesin Nusant.*, vol. 5, no. 1, pp. 41–52, 2022.
- [2] Narimo, "Pembuatan Asam Oksalat dari Peleburan Kertas Koran Bekas dengan Larutan Naoh Making Of Oxalic Acid From Old Newspapers Fusion With Naoh Solution," *J. Kim. dan Teknol.*, vol. 5, no. 2, pp. 73–79, 2006.
- [3] R. D. A. P. Iriany, Andrew Faguh Sitanggang, "Pembuatan Asam Oksalat Dari Alang-Alang (*Imperata Cylindrica*) Dengan Metode Peleburan Alkali," *J. Tek. Kim. USU*, vol. 4, no. 1, pp. 16–19, 2015.
- [4] R. Winsen Irwanda, Andi Hairil Alimuddin, "Sintesis asam oksalat dari getah batang tanaman Sri Rejeki menggunakan metode hidrolisis secara optimum terjadi pada penggunaan larutan asam fosfat konsentrasi 5 M dan suhu reaksi 50," vol. 6, no. 1, pp. 30–36, 2017.
- [5] L. I. Utami, M. R. Hidayatullah, and K. R. Cestyadinda, "Pembuatan Asam Oksalat Dari Sabut Siwalan Dengan Proses Peleburan Alkali Making Accompanying Oxyalates From Sabut Buildingwith The Alkali Fertilizer Process," *J. Tek. Kim.*, vol. 12, no. 2, pp. 56–58, 2018.

STUDI KOMPARASI MOTIVASI DAN HASIL BELAJAR SISWA KELAS XI MIPA PADA PEMBELAJARAN DARING DAN LURING TERHADAP MATERI TITRASI ASAM BASA DI SMA NEGERI 6 KOTA KUPANG

Miranda V. Lassa¹, Lolita A. M. Parera², Johnson N. Naat³ Sudirman⁴

Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Nusa Cendana

Email: mirandalassa29@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui: 1) perbedaan motivasi belajar siswa antara kelas daring dan luring, 2) perbedaan hasil belajar siswa antara kelas daring dan luring. Jenis penelitian ini adalah penelitian komparatif dengan pendekatan kuantitatif. Populasi dalam penelitian ini adalah siswa kelas XI MIPA SMA Negeri 6 Kupang berjumlah 175 orang. Sampel dalam penelitian ini diambil dengan cara *purposive sampling*. Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah tes, angket dan dokumentasi. Instrumen diuji menggunakan uji validitas dan uji reliabilitas. Data dianalisis dengan menggunakan uji t dengan taraf signifikansi 1% dan 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa: 1) terdapat perbedaan motivasi belajar antara kelas daring dan luring. Hal ini dibuktikan dari nilai t_{hitung} pada motivasi siswa sebesar 3,588 dan nilai t_{tabel} dengan df 66 pada taraf signifikansi 1% sebesar 2,652. Nilai $t_{hitung} > t_{tabel}$ atau nilai p lebih kecil dari 0,01 ($p = 0,001 < 0,01$). Karena $t_{hitung} > t_{tabel}$ (3,588 > 2,652) sehingga hipotesis diterima; 2) tidak terdapat perbedaan hasil belajar antara kelas daring dan luring. Hal ini dibuktikan dari nilai t_{hitung} pada tes sebesar 6,928 dengan df 66 pada taraf signifikansi 5% sebesar 1,997. Nilai $t_{hitung} > t_{tabel}$ dan nilai p lebih besar dari 0,05 ($p = 0,357 > 0,05$). Karena $t_{hitung} > t_{tabel}$ (6,928 > 1,997) namun nilai p lebih besar dari 0,05 ($p = 0,357 > 0,05$) sehingga hipotesis ditolak.

Kata Kunci: Pembelajaran Daring, Pembelajaran Luring, Motivasi Belajar, Hasil Belajar, Titrasi Asam Basa

ABSTRACT

This research aims to determine: 1) differences in student learning motivation between online and offline classes, 2) differences in student learning outcomes between online and offline classes. This type of research is a comparative research with a quantitative approach. The population in this study were 175 students of class XI MIPA SMA Negeri 6 Kupang. The sample in this study was taken by purposive sampling. Data collection techniques used are tests, questionnaires and documentation. The instrument was tested using validity and reliability tests. Data were analyzed using t test with a significance level of 1% and 5%. The results showed that: 1) there were differences in learning motivation between online and offline classes. This is evidenced by the t_{count} value on student motivation of 3.588 and the t_{table} value with df 66 at a 1% significance level of 2.652. The value of $t_{count} > t_{table}$ or p value is less than 0.01 ($p = 0.001 < 0.01$). Because $t_{count} > t_{table}$ (3,588 > 2,652), so the hypothesis is accepted; 2) there is no difference in learning outcomes between online and offline classes. This is evidenced by the t_{count} value on the test of 6.928 with a df of 66 at a 5% significance level of 1.997. The value of $t_{count} > t_{table}$ and p value greater than 0.05 ($p = 0.357 > 0.05$). Because $t_{count} > t_{table}$ (6.928 > 1.997) but the p value is greater than 0.05 ($p = 0.357 > 0.05$) so the hypothesis is rejected

Keywords: Online Learning, Offline Learning, Learning Motivation, Learning Outcomes, Acid Base Titration

PENDAHULUAN

Pendidikan merupakan aktivitas makro yang meliputi aktivitas belajar siswa dan pendidik dalam upaya membentuk kepribadian, sikap yang terampil dan berguna [1]. Pendidikan sangat penting sebagai tempat mengembangkan potensi siswa melalui pengajaran dan pelatihan dalam menyiapkan SDM yang lebih baik di masa yang akan datang. Undang-undang Sistem Pendidikan Nasional Nomor 20 Tahun 2003 Pasal 1 menyatakan pendidikan ialah usaha sadar serta terencana untuk menghadirkan suasana belajar dan pembelajaran untuk siswa agar aktif mengembangkan potensi dirinya yang meliputi kekuatan spiritual keagamaan, kecerdasan, kepribadian, akhlak mulia serta keterampilan yang diperlukan dirinya dan masyarakat, bangsa, dan negara. Tujuan dari pendidikan adalah untuk mencerdaskan kehidupan berbangsa dan bernegara.

Hadirnya Covid-19 secara global sejak Maret 2020 banyak merugikan banyak pihak. Dalam upaya menanggulangi penyebaran virus ini, pemerintah membuat kebijakan baru yaitu menjaga jarak dengan orang sekitar sejauh satu meter, mengisolasi diri, dan melakukan pembatasan sosial berskala besar di beberapa wilayah di Indonesia. Semua aktivitas yang mengharuskan orang untuk keluar rumah dilarang dan sebagai gantinya dilakukan dari rumah mulai dari kerja, ibadah dan bahkan sekolah. Lingkup pendidikan juga merupakan salah satu dari pihak yang dirugikan oleh Covid-19. Satuan pendidikan mulai dari sekolah dasar hingga perguruan tinggi terpaksa ditutup sementara demi menanggulangi penyebaran virus ini. Pembelajaran yang sebelumnya bersifat tatap muka diganti menjadi pembelajaran jarak jauh atau pembelajaran yang bersifat daring.

Pembelajaran daring atau pembelajaran *online* adalah pembelajaran jarak jauh antara pengajar dan yang diajar dengan mengandalkan aplikasi virtual seperti *zoom*, *google meet*, *google classroom* dan sebagainya. Melalui pemanfaatan perkembangan teknologi informasi dan komunikasi, sistem pembelajaran secara *online* dinilai menjadi alternatif yang paling memungkinkan saat ini untuk keberlangsungan pembelajaran dengan tetap menjaga jarak demi mencegah penyebaran virus corona dan mematuhi aturan untuk tidak berkumpul di satu tempat [2].

Pembelajaran daring memudahkan siswa dalam mengikuti pembelajaran sebab siswa bisa menghemat waktu dan tenaga yang dikeluarkan untuk pergi ke sekolah dan media belajar yang digunakan lebih beragam dan mudah dibagikan. Meskipun pembelajaran daring memiliki banyak kelebihan, tetapi ada juga beberapa kelemahan yaitu pembelajaran menjadi kurang fleksibel sehingga siswa harus dapat menyesuaikan diri, jaringan, sinyal atau kuota yang terbatas, tidak adanya komunikasi langsung antara guru dan siswa, dan banyak siswa yang menjadi kurang paham dengan materi yang diajarkan. Hal ini pun bertentangan dengan pembelajaran luring yang sebelumnya telah lama dilaksanakan.

Pembelajaran luring adalah sistem pembelajaran konvensional atau tatap muka yang dilaksanakan oleh guru dan siswa secara langsung di dalam kelas. Sistem pembelajaran ini telah lama dilaksanakan secara bertahap-tahap di instansi pendidikan sebelum pembelajaran daring terpaksa dilakukan. Kelebihan pembelajaran luring yaitu adanya interaksi antara guru dan siswa, jadwal pelajaran yang teratur, siswa yang bisa lebih fokus dalam mendengarkan penjelasan guru tanpa adanya gangguan jaringan. Sedangkan kelemahannya adalah media atau sumber belajar yang digunakan terbatas, membutuhkan waktu dan tenaga untuk ke sekolah, dan siswa yang kurang mandiri dalam belajar.

Ilmu kimia adalah salah satu cabang Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) yang berhubungan dengan kehidupan sehari-hari. Kimia mempelajari tentang segala sesuatu tentang zat yang meliputi komposisi, struktur dan sifat, perubahan, dinamika, dan energetika zat yang melibatkan keterampilan dan penalaran. Mata pelajaran ini bertujuan untuk memahami konsep, prinsip, hukum, dan teori kimia serta saling keterkaitannya dan penerapannya untuk menyelesaikan masalah dalam kehidupan sehari-

hari dan teknologi [3]. Pelajaran kimia banyak memuat konsep dan perhitungan. Salah satu materi kimia yang menggunakan konsep adalah materi titrasi.

Materi titrasi merupakan salah satu materi kimia yang banyak memuat perhitungan dan konsep yang bersifat abstrak sehingga membutuhkan pemahaman lebih dari siswa. Titrasi banyak dijumpai dalam kehidupan sehari-hari seperti dalam industri makanan hingga farmasi sehingga penting untuk dipelajari. Pada materi titrasi ini ada siswa yang paham konsep tetapi kurang paham pada perhitungan dan sebaliknya ada yang paham perhitungan tapi kurang paham pada konsep. Pembelajaran daring mengharuskan siswa untuk belajar dari rumah dimana tidak ada komunikasi langsung antara siswa dengan guru sedangkan dalam materi ini terdapat praktikum titrasi asam basa sehingga kurang efektif diajarkan secara daring. Sebaliknya, materi ini akan lebih efektif jika diajarkan secara luring dengan menggunakan laboratorium untuk praktikum. Namun kedua model pembelajaran ini akan sama saja jika siswa memiliki pengetahuan yang luas terkait materi ini atau penggunaan alat-alat praktikum. Untuk itu peneliti memilih materi ini untuk meneliti sejauh mana perbedaan motivasi dan hasil belajar siswa melalui pembelajaran daring dan luring.

Untuk mempelajari materi titrasi membutuhkan waktu untuk memahami konsep-konsep umum dan juga rumus yang ada. Biasanya siswa sudah terlanjur malas dan bosan saat melihat banyaknya materi yang akan dipelajari sehingga akan berujung pada kemalasan itu sendiri. Hal ini bisa terjadi karena faktor internal dan eksternal yaitu penggunaan metode atau strategi dari guru yang kurang menarik, lingkungan belajar maupun faktor dalam diri siswa yang kurang berusaha untuk belajar.

Hasil belajar merupakan tahapan akhir dari kemampuan siswa selama proses pembelajaran yang diukur atau dinilai oleh guru. Dalam kegiatan belajar mengajar, siswa dapat dikatakan berhasil jika memperoleh hasil belajar yang memuaskan. Hasil belajar siswa tidak hanya dilihat dari nilai akademis di sekolah tetapi juga dilihat dari perubahan-perubahan dalam diri siswa tersebut, karena dalam kegiatan belajar mengajar siswa mengalami proses belajar mengajarnya sebagai proses perubahan yang terjadi dalam diri siswa akibat pengalaman yang diperoleh siswa saat berinteraksi dengan lingkungannya [4].

Selain hasil belajar, motivasi belajar juga dipengaruhi oleh pembelajaran daring dan luring. Motivasi berasal dari bahasa Latin "*movere*", yang berarti menggerakkan. Motivasi berfungsi sebagai pengarah artinya menggerakkan perbuatan ke arah pencapaian tujuan yang diinginkan [5]. Motivasi belajar adalah dorongan baik internal atau eksternal yang membuat seseorang bertindak dalam rangka mencapai tujuan yaitu hasil belajar yang maksimal [6]. Motivasi berperan penting dalam proses pembelajaran siswa sebab dapat mengarahkan kegiatan belajar, membuat siswa lebih kreatif dan inovatif, serta menjadi penentu keberhasilan atau kegagalan siswa. Siswa yang mempunyai motivasi belajar tinggi cenderung berhasil dalam belajar karena siswa tersebut mempunyai niat dalam diri untuk berhasil dengan cara belajar dengan giat dan juga terus berusaha. Sebaliknya, siswa yang memiliki motivasi belajar rendah akan gagal dalam belajar dan juga tidak mempunyai semangat belajar.

Banyak faktor yang mempengaruhi motivasi belajar siswa. Selain faktor dalam diri seperti kecerdasan dan kebiasaan, faktor lain yang juga mempengaruhi adalah lingkungan dalam keluarga dan juga masyarakat. Jika di dalam keluarganya mendukung penuh proses pembelajaran yang dialami siswa pastilah ia merasa bersemangat dalam belajar dan berusaha untuk membanggakan keluarganya dan sebaliknya.

Dalam pembelajaran daring dan luring tentulah motivasi belajar dan hasil belajar siswa pastilah berbeda tergantung siswa itu sendiri. Jika siswa lebih menyukai pembelajaran daring karena banyaknya waktu yang dimiliki untuk bisa mengembangkan materi maka akan motivasi dan hasil belajarnya akan meningkat dan sebaliknya jika siswa lebih menyukai pembelajaran luring karena siswa

tersebut merasa membutuhkan bimbingan guru dalam pembelajaran maka motivasi dan hasil belajarnya akan meningkat juga.

Berdasarkan hasil prasurvey melalui wawancara dengan Ibu Lis Koa Mesa, S.P selaku guru mata pelajaran kimia kelas XI MIPA SMA Negeri 6 Kupang yang dilakukan oleh peneliti lewat *google form* pada tanggal 28 Februari 2022 diketahui bahwa motivasi belajar siswa saat pembelajaran daring berada di tingkat rata-rata dengan presentase keaktifan siswa saat mengikuti pembelajaran yaitu diatas 50% setiap pertemuan namun untuk hasil belajar masih kurang jika dibandingkan dengan pembelajaran luring sebelumnya. Hal ini menyatakan bahwa motivasi belajar siswa sudah dalam kategori cukup di masa pandemi dengan segala kekurangan pembelajaran daring ini. Sedangkan berdasarkan hasil wawancara dengan Adelia dan Iren selaku siswa kelas XI MIPA melalui *google form* pada tanggal 26 Februari 2022 diketahui bahwa kendala jaringan menjadi penyebab siswa menjadi kurang paham dengan materi yang diajarkan oleh guru. Selain itu, pembelajaran yang terkesan buru-buru membuat siswa harus memutar otak untuk bisa mengerti materi yang diajarkan sehingga siswa lebih menyukai pembelajaran luring. Dengan adanya kontradiksi antara motivasi siswa yang cukup pada pembelajaran daring dan hasil belajar yang lebih baik pada pembelajaran luring ini maka peneliti ingin meneliti lebih jauh mengenai perbandingan pembelajaran daring dan luring terhadap motivasi dan hasil belajar di sekolah ini.

Hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Hasna Nur Azizah dan Afif Afghohani pada tahun 2022 yang berjudul “Studi Komparasi Pembelajaran Daring dan Pembelajaran Tatap Muka Terhadap Motivasi Belajar Siswa” menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan terhadap motivasi belajar siswa yang menggunakan pembelajaran daring dan pembelajaran luring. Hal ini terbukti dari perolehan rata-rata motivasi belajar siswa yang menggunakan pembelajaran daring dan luring berturut-turut adalah 73,20 dan 78,50. Penelitian lain tentang perbedaan pembelajaran daring dan luring juga dilakukan oleh Kartika Dewantari, Mustaji dan Achmad Noor Fatirul pada tahun 2021 yang berjudul “Pengaruh Model Pembelajaran Daring dan Luring serta Kemampuan Awal terhadap Hasil Belajar Siswa pada Mata Pelajaran TIK SMP”. Penelitian ini menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh yang signifikan serta hasil belajar siswa dengan pembelajaran daring lebih tinggi daripada pembelajaran luring. Dari dua penelitian terdahulu ini dapat diketahui bahwa pembelajaran daring dan luring berpengaruh terhadap motivasi belajar namun tidak berpengaruh signifikan terhadap hasil belajar siswa. Maka dari itu peneliti perlu meneliti lebih lanjut terkait hal ini karena tertarik dengan masalah yang diangkat dan juga subjek yang diteliti berbeda.

Dari paparan diatas, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian sebagai langkah untuk meningkatkan motivasi dan hasil belajar siswa khususnya pada materi titrasi asam basa yang berjudul “Studi Komparasi Motivasi dan Hasil Belajar Siswa Kelas XI MIPA pada Pembelajaran Daring dan Luring terhadap Materi Titrasi Asam Basa di SMA Negeri 6 Kota Kupang”.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan penelitian kuantitatif dengan jenis penelitian komparatif. Penelitian komparatif adalah jenis penelitian yang membandingkan antara dua kelompok atau lebih dari suatu variabel tertentu. Sampel dalam penelitian ini adalah siswa kelas XI MIPA 1 dan XI MIPA 2 yang berjumlah 72 orang dengan 36 orang pada masing-masing kelas. Variabel dalam penelitian ini yaitu variabel bebas (pembelajaran daring dan pembelajaran luring), variabel terikat (motivasi belajar dan hasil belajar), dan variabel kontrol (guru, materi, waktu pembelajaran, dan *platform* daring). Metode pengumpulan data menggunakan angket, tes dan dokumentasi.

Sebelum tahapan analisis data, instrumen penelitian berupa angket dan tes dilakukan uji berupa uji validitas, uji reliabilitas, uji daya beda dan uji tingkat kesukaran. Setelah itu dilakukan uji

prasyarat yaitu uji normalitas dan uji homogenitas. Uji prasyarat yang pertama uji normalitas, dilakukan untuk mengetahui persebaran data normal atau tidak normal. Data terdistribusi normal apabila nilai sig. lebih dari 0.05 atau (Sig.) > 0.05. Uji prasyarat yang kedua adalah uji homogenitas. Uji ini bertujuan untuk mengetahui apakah beberapa varian populasi adalah sama atau tidak. Pengujian homogenitas dilakukan dengan analisis melalui program SPSS 22.0. Data dikatakan homogen jika sig > 0.05 [9].

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah uji *independent t-Test* dimana subjeknya merupakan dua kelompok yang berbeda dengan perlakuan pembelajaran yang berbeda, yaitu Pembelajaran Daring dan Pembelajaran Luring. Terdapat perbedaan signifikan dengan uji *independent t-Test* antara pembelajaran daring dan pembelajaran tatap muka apabila nilai signifikansinya kurang dari 0.05 atau (Sig.) < 0.05. Hipotesis dari penelitian ini yaitu 1) H_0 : Tidak ada perbedaan motivasi belajar antara kelas daring dan luring pada materi titrasi asam basa di kelas XI MIPA SMA Negeri 6 Kupang, H_a : Ada perbedaan motivasi belajar antara kelas daring dan luring pada materi titrasi asam basa di kelas XI MIPA SMA Negeri 6 Kupang 2) H_0 : Tidak ada perbedaan hasil belajar antara kelas daring dan luring pada materi titrasi asam basa di kelas XI MIPA SMA Negeri 6 Kupang, H_a : Ada perbedaan hasil belajar antara kelas daring dan luring pada materi titrasi asam basa di kelas XI MIPA SMA Negeri 6 Kupang.

HASIL

Penelitian ini dilakukan pada siswa kelas XI MIPA 1 dan XI MIPA 2 SMA Negeri 6 Kupang. Pengambilan data dilaksanakan pada tanggal 25 Mei 2022-2 Juni 2022. Siswa kelas XI MIPA 1 dan XI MIPA 2 berjumlah tujuh puluh satu (72) siswa yang mengisi angket dengan pemilihan kelompok menggunakan teknik *purposive sampling*. Dalam penelitian ini diperoleh skor motivasi dan hasil belajar siswa pada pembelajaran daring dan pembelajaran luring yaitu sebagai berikut.

Tabel 1. Statistik deskriptif data penelitian

No	Jenis Data	N	Mean	Standar Deviasi
1	Motivasi Kelas Daring	32	47	6
2	Motivasi Kelas Luring	36	52	7
3	Hasil Kelas Daring	32	69	12
4	Hasil Kelas Luring	36	72	13

Berdasarkan tabel 1 menunjukkan bahwa nilai rata-rata pada motivasi belajar kelas daring dan kelas luring yaitu 47 dan 52. Dari data tersebut terlihat bahwa motivasi belajar kelas daring lebih rendah daripada kelas luring. Hal ini disebabkan karena pada pembelajaran daring tidak adanya interaksi secara langsung antara guru dengan siswa yang ditandai dengan banyaknya siswa yang mematikan kamera saat pembelajaran berlangsung, hanya sedikit siswa yang aktif bertanya dan bahkan ada beberapa yang tidak hadir. Alasan ini didukung dengan hasil wawancara awal dalam bentuk *google form* dengan dua orang siswa kelas XI MIPA yang menyatakan bahwa mereka tidak terlalu menyukai pembelajaran daring. Selain karena kendala jaringan dan pulsa yang dialami oleh guru dan siswa sendiri, kendala lainnya yaitu mereka sulit memahami penjelasan guru yang dianggap terburu-buru dan tidak ada teman sekitar yang bisa belajar bersama saat guru menjelaskan.

Rendahnya motivasi siswa pada kelas daring juga disebabkan karena anggapan siswa yang kurang menyukai pembelajaran daring karena alasan-alasan tertentu, siswa yang tidak menyukai kimia dan pengisian angket yang tidak diawasi langsung oleh peneliti. Penyebab lain adalah gaya belajar siswa yang berbeda-beda. Dalam pembelajaran daring tentulah siswa dengan gaya belajar kinestetik

akan sulit menyesuaikan diri dalam menerima materi karena praktikum tidak dilaksanakan secara luring. Maka dari itu, diperlukan kejelian dan kepekaan guru sehingga mampu untuk mengidentifikasi gaya belajar siswa serta kreativitas dalam mengajar sehingga bisa meningkatkan motivasi belajar siswa.

Kebalikan dengan kelas daring, pada kelas luring semua siswa hadir saat proses pembelajaran, banyak yang aktif bertanya dan ada komunikasi dua arah antara peneliti dengan siswa sehingga banyak siswa yang lebih menyukai pembelajaran luring. Pembelajaran luring memudahkan guru dan siswa dalam menyampaikan dan menerima materi pelajaran sebab tidak menggunakan perantara berupa aplikasi atau jaringan seperti pada pembelajaran daring. Hal ini yang menjadi kelebihan dari pembelajaran ini. Dalam pembelajaran luring aktivitas akademik maupun nonakademik siswa dapat dipantau secara jelas oleh guru.

Selain itu, dengan adanya dilaksanakan pembelajaran luring ini kembali setelah 2 tahun sekolah melaksanakan pembelajaran daring membuat siswa bersemangat untuk belajar kembali karena adanya suasana belajar yang baru dimana mereka bisa mengeksplorasi materi lebih banyak, adanya teman sejawat yang bisa belajar bersama, bisa lebih fokus dan dapat bertanya secara langsung jika ada materi yang belum dipahami sehingga dapat meningkatkan motivasi belajar.

Sedangkan untuk hasil belajar, nilai rata-rata pada kelas daring dan kelas luring yaitu 69 dan 72. Selain itu persentase tertinggi kelas daring terdapat pada kategori tinggi yaitu sebesar 62,5% sedangkan persentase tertinggi kelas luring terdapat pada kategori tinggi yaitu sebesar 69%. Dari data-data tersebut terlihat bahwa hasil belajar kelas daring yang menggunakan pembelajaran daring sedikit lebih rendah namun tidak jauh berbeda dengan kelas luring yang menggunakan pembelajaran luring. Hal ini menyatakan bahwa pembelajaran daring tidak ada pengaruhnya terhadap hasil belajar tetapi dapat dipengaruhi oleh faktor lain. Selain karena gaya belajar juga bisa disebabkan oleh kecerdasan, bakat, minat, dan faktor internal serta eksternal lainnya.

Faktor lain tingginya hasil belajar siswa pada kelas daring dan kelas luring juga karena ada beberapa siswa peserta lomba OSN kimia di kelas luring yang memang sudah mempelajari materi tersebut, penjelasan dari peneliti yang dapat dipahami oleh siswa, contoh soal yang diberikan juga tidak jauh berbeda dengan soal tes hasil belajar yang digunakan dan tidak adanya kontrol langsung dari peneliti pada kelas daring saat pengisian tes jikalau ada siswa yang curang dengan cara menggunakan perangkat lain untuk mencari jawaban.

Tabel 2. Data hasil uji normalitas

No	Data	Sig (p)	Keterangan
1	Motivasi kelas daring	0,126	Signifikansi > 0,05 = normal
2	Motivasi kelas luring	0,365	Signifikansi > 0,05 = normal
3	Hasil kelas daring	0,2	Signifikansi > 0,05 = normal
4	Hasil kelas luring	0,134	Signifikansi > 0,05 = normal

Berdasarkan tabel 2 menunjukkan bahwa keempat data tersebut yakni motivasi dan hasil belajar pada pembelajaran daring dan luring berdistribusi normal dengan nilai df adalah 66.

Tabel 3. Data hasil uji homogenitas

No	Data	Fhitung	Ftabel	df	Sig	Keterangan
1	Motivasi Belajar	0,714	3,99	66	0,401	Homogen
2	Hasil Belajar	0,375	3,99	66	0,542	Homogen

Dari hasil perhitungan pada tabel 3 yang menunjukkan bahwa kedua data tersebut mempunyai varians yang homogen, karena nilai signifikansi lebih besar dari 5% ($p > 0,05$) atau memiliki $F_{hitung} < F_{tabel}$. Jadi, data tersebut telah memenuhi syarat untuk dianalisis.

Tabel 4. Hasil uji *independent t-test* motivasi belajar

Kelompok	Rata-rata	T _{tabel} df = 66		T _{hitung}	P value	Mean difference
		5%	1%			
Motivasi Kelas Daring	46,72	1,997	2,652	3,588	0,001	5,48
Motivasi Kelas Luring	52,19					

Dari tabel 4 dapat diketahui besar t_{hitung} adalah 3,588 dan nilai t_{tabel} dengan df 66 pada taraf signifikansi 1% sebesar 2,652. Nilai $t_{hitung} > t_{tabel}$ atau nilai p lebih kecil dari 0,01 ($p = 0,001 < 0,01$). Dengan demikian hasil uji-t tersebut menunjukkan terdapat pengaruh yang sangat signifikan motivasi belajar siswa kelas XI MIPA di SMA Negeri 6 Kupang antara kelas daring dengan kelas luring. Dengan demikian, hipotesis dalam penelitian ini diterima yakni ada perbedaan motivasi belajar siswa antara kelas daring dan kelas luring di SMA Negeri 6 Kupang.

Tabel 5. Hasil uji *independent t-test* hasil belajar

Kelompok	Rata-rata	T _{tabel} df = 66		T _{hitung}	P value	Mean difference
		5 %	1 %			
Hasil Kelas Daring	69,06	1,997	2,652	6,928	0,357	2,799
Hasil Belajar Luring	71,86					

Berdasarkan tabel 5 dapat diketahui besar t_{hitung} adalah 6,928 dan nilai t_{tabel} dengan df 66 pada taraf signifikansi 5% sebesar 1,997. Nilai $t_{hitung} > t_{tabel}$ atau nilai p lebih besar dari 0,05 ($p = 0,357 > 0,05$). Dengan demikian hasil uji-t tersebut menunjukkan tidak ada pengaruh yang signifikan sehingga tidak terdapat perbedaan yang signifikan hasil belajar siswa kelas XI MIPA di SMA Negeri 6 Kupang antara kelas daring dengan kelas luring. Dengan demikian, hipotesis dalam penelitian ini ditolak yakni tidak ada perbedaan hasil belajar siswa antara kelas daring dan kelas luring di SMA Negeri 6 Kupang.

Berdasarkan hasil penelitian, ditemukan beberapa kelebihan dari penelitian ini yaitu pada kelas luring adalah pembelajaran menjadi lebih efektif karena adanya komunikasi antara peneliti dan siswa, proses pengisian instrumen yang dapat dikontrol langsung oleh peneliti sehingga hasil yang didapat benar-benar dari kemampuan siswa, waktu pembelajaran yang disesuaikan dengan jadwal sekolah sehingga tidak perlu menyepakati jadwal antara peneliti dan siswa seperti pada kelas daring.

Sedangkan pada kelas daring yakni pembelajaran menjadi lebih fleksibel yaitu siswa bisa mengikuti pembelajaran kapan dan dimana saja sehingga mudah dijadwalkan, proses penyebaran soal tes yang tidak memakan banyak waktu dibandingkan pada kelas luring karena hanya langsung menyebarkan tautan *google form* pada siswa, dan media belajar berupa *power point* yang bisa langsung ditampilkan lewat fitur *share screen* tanpa ditulis di papan tulis seperti pada kelas luring.

Dengan adanya hasil penelitian yang tidak linier antara motivasi belajar dan hasil belajar dimana motivasi belajar siswa masih kurang sedangkan hasil belajarnya sudah bagus maka peneliti menyarankan cara-cara untuk meningkatkan motivasi pada siswa. Untuk siswa sendiri di masa pandemi seperti ini disarankan untuk mencari lingkungan atau kondisi saat belajar yang baik dimana siswa merasa nyaman untuk belajar jangka panjang dengan cara memberi pengertian kepada orangtua, mencoba menemukan gaya belajar yang sesuai dengan kemampuannya, dan mencari teman untuk belajar bersama jika mengalami kesulitan belajar sendiri. Sama halnya untuk guru dalam

meningkatkan motivasi belajar siswa pada pembelajaran bisa menggunakan media belajar yang menarik perhatian siswa, melakukan pendekatan yang sesuai dengan kondisi siswa, menggunakan teknik atau metode yang membuat siswa bersemangat mengikuti pembelajaran, menciptakan suasana belajar yang menyenangkan dan memberikan pujian atau komentar membangun terhadap siswa yang berani berpendapat. Hal-hal ini akan membuat siswa menjadi termotivasi dan semangat untuk belajar sehingga akan memperoleh hasil belajar yang baik pula.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu: 1) Ada perbedaan motivasi belajar antara kelas daring dan kelas luring pada materi titrasi asam basa di kelas XI MIPA SMA Negeri 6 Kupang. Hal ini dibuktikan dari nilai t_{hitung} pada motivasi akhir siswa sebesar 3,588 dan nilai dengan df 66 pada taraf signifikansi 1% sebesar 2,652. Nilai $t_{hitung} > t_{tabel}$ atau nilai p lebih kecil dari 0,01 ($p = 0,001 < 0,01$). Karena $t_{hitung} > t_{tabel}$ ($3,588 > 2,652$) sehingga sangat signifikan 2) Tidak ada perbedaan hasil belajar antara kelas daring dan kelas luring pada materi titrasi asam basa di kelas XI MIPA SMA Negeri 6 Kupang. Hal ini dibuktikan dari nilai t_{hitung} pada tes hasil belajar siswa sebesar 6,928 dengan df 66 pada taraf signifikansi 5% sebesar 1,997. Karena nilai p lebih besar dari 0,05 ($p = 0,357 > 0,05$) sehingga hipotesis ditolak.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Syafari dan M. Montessori, "Analisis Pembelajaran Daring terhadap Motivasi Belajar dan Prestasi Belajar Siswa Dimasa Pandemi Covid-19," *J. Basicedu*, vol. 5, no. 3, pp. 1294–1303, 2021.
- [2] D. N. Baety dan D. R. Munandar, "Analisis Efektifitas Pembelajaran Daring dalam Menghadapi Wabah Pandemi Covid-19," *Edukatif J. Ilmu Pendidik.*, vol. 3, no. 3, pp. 880–989, 2021.
- [3] BSNP, *Standar Isi Untuk Satuan Pendidikan Dasar dan Menengah*. Jakarta: BSNP, 2006.
- [4] I. P. Sari, "Pengaruh Minat dan Aktivitas Belajar Siswa terhadap Hasil Belajar Matematika Bagi Siswa SMP Negeri 1 Eromoko Kelas VIII Tahun Ajaran 2012/ 2013," Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2013.
- [5] S. A. Octavia, *Motivasi Belajar dalam Perkembangan Remaja*. Yogyakarta: Deepublish, 2020.
- [6] M. A. Setiawan, *Belajar dan Pembelajaran*. Ponorogo: Uwais Inspirasi Indonesia, 2017.
- [7] H. Nur Azizah dan A. Afghohani, "Studi Komparasi Pembelajaran Daring dan Pembelajaran Tatap Muka terhadap Motivasi Belajar Siswa," *J. Pendidik.*, vol. 31, no. 1, pp. 75–82, 2022.
- [8] K. Dewantari, Mustaji, dan A. N. Fatirul, "Pengaruh Model Pembelajaran Daring dan Luring serta Kemampuan Awal terhadap Hasil Belajar Siswa pada Mata Pelajaran TIK SMP," *JIPi (Jurnal Ilm. Penelit. dan Pembelajaran Inform.)*, vol. 6, no. 2, pp. 219–228, 2021, doi: 10.29100/jipi.v6i2.1975.
- [9] Nuryadi, T. D. Astuti, E. S. Utami, dan M. Budiantara, *Dasar-dasar Statistik Penelitian*. Yogyakarta: Sibuku Media, 2017.

Pengembangan Video Pembelajaran Menggunakan *Microsoft Office PowerPoint 2021* Sebagai Media Pembelajaran Peserta Didik Kelas X MIA Pada Materi Pokok Stoikiometri Di SMA

Monika Jaini M. Sobak¹, Sudirman², Arvinda C. Lalang³,

^{1,2,3} Prodi Pendidikan Kimia, FKIP-Universitas Nusa Cendana, Jl. Adisucipto Penfui, Kupang-NTT 85001 Indonesia

Email korespondensi: sobakmonika98@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian dengan judul pengembangan video pembelajaran menggunakan *Microsoft Office PowerPoint 2021* sebagai media pembelajaran peserta didik kelas X MIA pada materi pokok stoikiometri bertujuan untuk mengetahui wujud hasil dan kelayakan video pembelajaran menggunakan *Microsoft Office PowerPoint 2021* sebagai media pembelajaran peserta didik kelas X MIA pada materi pokok stoikiometri. Pengembangan video pembelajaran menggunakan *Microsoft Office PowerPoint 2021* mengikuti langkah-langkah model rancangan dari Borg & Gall yang dimodifikasi dan disesuaikan dengan tujuan penelitian. Prosedur yang ditempuh yaitu 6 langkah meliputi: (1) penelitian dan pengumpulan informasi, (2) perencanaan, (3) pengembangan bentuk produk pendahuluan, (4) uji coba pendahuluan, (5) revisi desain, (6) Uji coba utama. Produk video pembelajaran yang dikembangkan divalidasi oleh ahli media dan ahli materi, selanjutnya diuji cobakan pada peserta didik kelas XI MIA SMA Negeri 1 Kupang Timur yang dikelompokkan dalam uji coba terbatas pada kelompok kecil dan uji coba secara luas pada kelompok besar. Hasil penilaian dari validator ahli materi terhadap kelayakan video pembelajaran termasuk dalam kategori sangat baik dengan persentase keidealannya 93,4% dan hasil penilaian validator ahli media terhadap kelayakan video pembelajaran termasuk dalam kategori sangat baik dengan persentase keidealannya 91,11%, sedangkan penilaian penilaian produk berdasarkan respon dari peserta didik melalui uji coba kelompok menunjukkan bahwa video pembelajaran termasuk dalam kategori sangat baik dan persentase masing-masing 90,83% pada uji coba terbatas dan 95,70% pada uji coba secara luas. Berdasarkan hasil penilaian para ahli dan uji coba produk produk video pembelajaran menggunakan *Microsoft Office PowerPoint 2021* sebagai media pembelajaran peserta didik kelas X MIA pada materi pokok stoikiometri di SMA menunjukkan bahwa video pembelajaran ini layak digunakan sebagai media pembelajaran.

Kata kunci : Microsoft Office PowerPoint 2021, Media Pembelajaran, Video Pembelajaran, Stoikiometri.

ABSTRACT

The research about the development of learning video using Microsoft PowerPoint as a learning video for the 10th- students majoring in mathematics and science in high school on stoichiometry materials. The purpose of the research is to determine form and feasibility of the video using Microsoft PowerPoint 2021 using microsoft powerpoint 2021 as a learning video for the 10th grade students majoring in mathematics and science in high school on stoichiometry materials. The development of learning video using Microsoft PowerPoint was carried out following the steps of the design model by Borg & Gall which has been modified and adapted based on the research purpose. The procedure follows 6 steps such as: (1) research and information collecting, (2) planning, (3) Develop preliminary form of product, (4) preliminary field testing, (5) main product revision, (6) main field testing. Developed learning video product was validated by material and media experts, then the product was tested on the 11th grade students majoring in mathematics and science at SMA Negeri 1 Kupang Timur that

divided in two groups, preliminary testing on small group and main field testing on large group. The results of the assessment of material experts and media experts on the feasibility of this learning video have a very good category with an overall ideal percentage of 93,4% for material experts and 91,11% for media experts respectively, meanwhile the results of the assessment product based on responses of students through group trials showed that the learning video has a very good category with the percentage of 90,83% in preliminary field testing and 90,83% in main field testing. Based on the results of expert assessment and product trial of learning video using Microsoft PowerPoint as a learning video for the 10th grade students majoring in mathematics and science in high school on stoichiometry.

Keyword: Microsoft Office PowerPoint 2021, Learning Media, Learning Videos, Stoichiometry.

PENDAHULUAN

Coronavirus Disease 2019 (Covid-19) adalah jenis gangguan kekebalan tubuh yang diakibatkan oleh virus SARS-CoV-2 yang ditetapkan *World Health Organization (WHO)* sebagai pandemik global yang telah menyebar luas ke berbagai negara tak terkecuali Indonesia. Kebijakan pemerintah Indonesia dalam menyikapi pandemik Covid-19 adalah dengan memberlakukan Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB) guna memutus penyebaran penyebaran Virus Covid-19 [1]. PSBB tidak hanya berdampak pada aspek sosial dan ekonomi tetapi juga berdampak pada sistem pembelajaran di Indonesia.

Sistem pembelajaran di Indonesia di masa pandemik ini menerapkan sistem pembelajaran daring dan luring. Menurut Ivanova *et al* (2020) pembelajaran daring adalah pembelajaran yang dilakukan secara *online* menggunakan *platform* yang telah tersedia, dimana komunikasi, materi pelajaran dan tes juga dilakukan secara online. Pembelajaran luring merupakan singkatan dari pembelajaran di luar jaringan atau *offline* yaitu pembelajaran yang dilakukan secara langsung atau tatap muka yang tidak memerlukan koneksi internet. Pembelajaran *offline* yang diterapkan di sekolah selama masa PSBB menggunakan sistem *shift*.

Pembelajaran sistem *shift* adalah rotasi di sekolah antara peserta didik yang masuk dan tidak masuk secara bergiliran yang dilakukan untuk mengurangi jumlah peserta didik saat mengikuti proses pembelajaran di sekolah sesuai dengan anjuran pemerintah yaitu sekolah hanya diberi izin 50% saja untuk mengisi kapasitas dalam pembelajaran tatap muka. Pembelajaran sistem *shift* berlaku pada semua mata pelajaran dari jenjang SD sampai SMA tak terkecuali mata pelajaran kimia pada tingkat Sekolah Menengah Atas [3].

Kimia merupakan salah satu mata pelajaran pokok pada jenjang pendidikan menengah atas. Kimia merupakan bagian dari kelompok mata pelajaran ilmu pengetahuan dan teknologi pada SMA/MA/SMALB dimaksudkan untuk memperoleh kompetensi lanjut ilmu pengetahuan dan teknologi serta membudayakan berpikir ilmiah secara kritis, kreatif dan mandiri [4]. Teruntuk sebagian peserta didik, kimia adalah pelajaran membosankan karena mempelajari materi kimia yang dianggap abstrak yaitu atom (partikel terkecil penyusun unsur) tidak dapat dilihat dan reaksi kimia

hanya bisa dilihat gejalanya sehingga peserta didik tidak tertarik mempelajari kimia lebih lanjut [5]. Salah satu faktor penyebab pelajaran kimia terkesan sulit adalah beberapa konsep dalam kimia bersifat abstrak, dalam pembelajaran kimia terdapat pemahaman konsep, perhitungan dan hafalan [6].

Salah satu materi kimia yang terkesan sulit dan bersifat abstrak adalah stoikiometri, menurut Assma (2018) materi stoikiometri dianggap sulit oleh peserta didik kelas X karena stoikiometri cukup kompleks, bersifat abstrak, membutuhkan pemahan konsep dan kecerdasan matematika serta analisis dalam pemecahan soal, selain itu stoikiometri merupakan materi inti yang mendasari kimia di kelas XI dan XII. Berdasarkan wawancara (lampiran 2) pada tanggal 27/09/21 terhadap Ibu Yeni Hamataka, S.Pd selaku guru kimia di SMA Negeri 1 Kupang Timur ditemukan bahwa masalah yang dihadapi peserta didik dalam mempelajari materi stoikiometri adalah: 1) Kurangnya tingkat pemahaman dan penguasaan materi hal ini dibuktikan oleh rata-rata nilai ulangan dan tugas pada kompetensi dasar stoikiometri yaitu 72,43 dimana belum mencapai Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) yaitu 75 (lampiran 3), 2) SMA Negeri 1 Kupang Timur menerapkan pembelajaran berbasis luring atau *offline* menggunakan sistem *shift* dengan alokasi jam pembelajaran terbatas di masa PSBB, 3) Alokasi jam pembelajaran terbatas di dalam kelas menuntut peserta didik belajar secara mandiri. Wawancara juga dilakukan terhadap Blessdy Hina salah satu peserta didik kelas XI yang telah mempelajari stoikiometri. Kendala yang dialaminya yaitu kesulitan memahami konsep stoikiometri dan menghitung.

Permasalahan ini dapat diatasi dengan melakukan terobosan dalam pembelajaran kimia yaitu dengan menerapkan media pembelajaran yang tepat dan efektif. Tujuan penggunaan media adalah untuk membantu guru dalam proses pembelajaran *shift* selama PSBB. Video pembelajaran adalah salah satu media yang mampu menampilkan konsep secara nyata dan tersusun nyata atau sesuai prosedur [8]. Diperjelas oleh Sudarma (2019) yang menyatakan bahwa penggunaan video lebih realistis, dapat diputar ulang dan dihentikan sesuai dengan kebutuhan, selain itu dengan adanya video pembelajaran keterbatasan ruang dan waktu dapat diatasi [9]. Adanya video pembelajaran memungkinkan peserta didik melakukan pembelajaran kapanpun dan dimanapun dengan perangkat elektronik yang dapat memutar video tanpa batasan ruang dan waktu (Cheppy, 2007). Pemanfaatan video pembelajaran oleh guru sebagai fasilitator belum maksimal dikarenakan kurangnya kreativitas dan keterampilan penguasaan teknologi dalam membuat video pembelajaran, lamanya waktu pembuatan dan biaya yang tidak sedikit untuk membuat video pembelajaran [11]. Masalah pembuatan video pembelajaran yang efektif, mudah dan murah dapat diatasi dengan menggunakan *Microsoft Office PowerPoint 2021*.

Microsoft Office PowerPoint 2021 adalah penyempurnaan dari versi sebelumnya yaitu *Microsoft Office PowerPoint 365* dan *Microsoft Office PowerPoint 2019*. Menurut Microsoft (2021) kelebihan yang ada pada *Microsoft Office PowerPoint 2021* yaitu: 1) dilengkapi fitur screen recording untuk merekam presenter, 2) mendukung penggunaan *pen tablet* untuk menulis rumus dan catatan tambahan, 3) pembuatan video tidak memerlukan spesifikasi laptop atau *prosesor* yang tinggi, 4) Tidak memerlukan koneksi *internet* dalam pembuatan video, 5) Tidak ada batasan jumlah *slide*

presentasi dan durasi, 6) *Microsoft Office PowerPoint 2021* dapat digunakan secara gratis tanpa biaya berlangganan, 7) video dapat disimpan dengan resolusi hingga *ultra HD (4K)*, 8) video dapat disebarluaskan secara *online* melalui aplikasi *whatsapp, telegram, email, platform youtube* maupun secara *offline* menggunakan *shareit, send anywhere, bluetooth, xender, dll*.

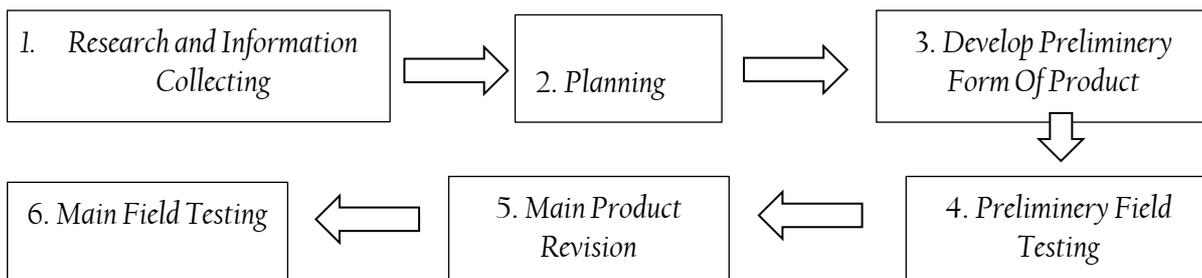
Berdasarkan kelebihan *Microsoft Office PowerPoint 2021* maka program ini layak digunakan untuk mengatasi masalah pembuatan media video pembelajaran. Penggunaan video pembelajaran berbasis *Microsoft Office PowerPoint* terbukti efektif, hal ini dibuktikan oleh Prasetyo (2020) yang menemukan bahwa media pembelajaran kimia berbasis video animasi berbantuan *Microsoft PowerPoint* pada materi hidrokarbon dan minyak bumi dapat digunakan sebagai media alternatif pada proses pembelajaran di kelas, selanjutnya Fhonna *et al* (2021) juga menemukan bahwa video berbasis *powerpoint* pada pembelajaran materi larutan asam basa dapat meningkatkan hasil belajar peserta didik dan 85,95% peserta didik melakukan aktifitas belajar yang diharapkan. Dewi & Aini (2020) juga menemukan bahwa media pembelajaran yang dihasilkan *Microsoft PowerPoint* interaktif berbasis inkuiri terbimbing pada materi larutan penyangga memiliki tingkat kevalidan dan praktikalitas yang sangat tinggi.

Pembuatan media berupa video pembelajaran menggunakan *Microsoft PowerPoint* memiliki persentase keberhasilan yang tinggi untuk diterapkan dalam proses pembelajaran. Hal ini didasarkan pada hasil penelitian terdahulu yang diharapkan dapat menjawab permasalahan yang timbul berdasarkan hasil wawancara. *Microsoft Office PowerPoint 2021* belum pernah diteliti penggunaannya dalam membuat video pembelajaran, sehingga peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul: **Pengembangan video pembelajaran menggunakan *Microsoft Office PowerPoint 2021* sebagai media pembelajaran peserta didik kelas X MIA pada materi pokok stoikiometri di SMA**

METODE

1. Rancangan Kegiatan Penelitian

Jenis pendekatan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian pengembangan (*Research and Development*), menggunakan model pengembangan Borg and Gall yang dimodifikasi dan disesuaikan dengan tujuan penelitian. Tahapan yang ditempuh peneliti dalam penelitian ini adalah menempuh 6 langkah dari 10 langkah dalam penelitian Borg and Gall dengan fokus penelitian hanya dilakukan pada 1 sekolah dengan jumlah subjek disesuaikan dengan kondisi lapangan. 6 langkah yang ditempuh dalam penelitian ini seperti yang terlampir pada gambar 1.



Gambar 1. Langkahah yang ditempuh dalam penelitian pengembangan menggunakan model Borg and Gall [16]

2. Prosedur Penelitian

Pengembangan video pembelajaran menggunakan Microsoft Office PowerPoint 2021 pada penelitian ini melalui 3 tahapan utama yaitu: tahap studi pendahuluan, tahap studi pengembangan dan tahap akhir. Posedur pengembangan yang dilakukan dalam penelitian ini seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Prosedur Penelitian Pengembangan [17]

3. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian pengembangan video pembelajaran dilakukan pada bulan Juli yaitu validasi terhadap video pembelajaran oleh ahli materi dan ahli media serta ujicoba pendahuluan dan uji coba utama dilakukan terhadap peserta didik kelas X MIA SMA Negeri 1 Kupang Timur pada tanggal 28 Juli-1 Agustus 2022.

4. Subjek dan Objek Penelitian

Subjek penelitian pengembangan ini adalah validator ahli materi dan ahli media serta peserta didik. Objek dalam penelitian ini adalah video pembelajaran menggunakan *Microsoft Office PowerPoint 2021* sebagai media pembeljaran peserta didik kelas X pada materi pokok stoikiometri yang diuji kelayakannya.

5. Jenis Data

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini yaitu data validasi produk video pembelajaran oleh ahli materi dan ahli media serta data ujicoba produk. Jenis data yang digali dari ahli materi yaitu: aspek materi meliputi kelayakan isi, kelayakan penyajian dan keyakan kebahasaan. Dari ahli media yaitu: aspek kegrafikan. Dam dari peserta didik yaitu aspek kualitas tampilan dan penyajian materi.

6. Teknik Sampling dan Instrumen Pengumpulan Data

Teknik sampling dalam penelitian ini menggunakan purposive teknik sampling. Instrumen pengumpulan data yang digunakan yaitu: (1) pedoman wawancara, (2) lembar angket dan (3) lembar validasi.

7. Teknik Analisis Data

a) Data Penilaian Ahli

Langkah-langkah analisis data kualitas produk yaitu:

- 1) Mengubah nilai kualitatif menggunakan skala *likert* dengan ketentuan: **SB** (Sangat Baik), **B** (Baik), **C** (Cukup), **K** (Kurang), **SK** (Sangat Kurang).
- 2) Setelah data terkumpul kemudian menghitung skor rata-rata dari tiap aspek kriteria yang dinilai dengan rumus[18]:

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n}$$

Keterangan:

$\sum x$ = Jumlah Skor

\bar{X} = skor rata-rata

n = jumlah reviewer

b) Data Respon Peserta didik

Teknik analisis data kualitas dalam penelitian ini melalui langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) Data hasil respon peserta didik yang masih dalam bentuk huruf dikonversikan menjadi skor dengan menggunakan skala *Guttman* seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Nilai	Skor
Iya	1
Tidak	0

Sumber: [18]

- 2) Menghitung skor rata-rata dari setiap aspek kriteria yang dinilai dengan rumus [18]:

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n}$$

Keterangan:

$\sum x$ = Jumlah Skor

\bar{X} = skor rata-rata

n = jumlah reviewer

Kedua data dari hasil penilaian para ahli dan peserta didik selanjutnya diubah menjadi skor rata-rata yang berupa data kualitatif menjadi data kuantitatif dengan kategori penilaian ideal yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kategori Penilaian Ideal

Skor	Kategori	Rentang Skor
5	Sangat Baik	$\bar{X}_i + 1,80 SB_i < X$
4	Baik	$\bar{X}_i + 0,60 SB_i < X \leq \bar{X}_i + 1,80 SB_i$
3	Sedang	$\bar{X}_i - 0,60 SB_i < X \leq \bar{X}_i + 0,60 SB_i$
2	Kurang	$\bar{X}_i - 1,80 SB_i < X \leq \bar{X}_i - 0,60 SB_i$
1	Sangat Kurang	$X \leq \bar{X}_i - 1,80 SB_i$

Untuk setiap harga \bar{X}_i (rerata skor ideal) dan SB_i (simpangan baku skor ideal) diperoleh dengan rumus[18]:

$$\bar{X}_i = \frac{1}{2} (\text{Skor Maksimal Ideal} + \text{Skor Minimal Ideal})$$

$$SB_i = \frac{1}{6} (\text{Skor Maksimal Ideal} - \text{Skor Minimal Ideal})$$

Keterangan:

SB_i = Simpangan Baku Ideal

X = Skor Ideal

\bar{X}_i = Rata-rata ideal

Skor Maksimal Ideal = \sum butir kriteria x skor tertinggi

Skor Minimal Ideal = \sum butir kriteria x skor terendah

Data skor rata-rata tiap aspek dan keseluruhan aspek yang diperoleh kemudian dihitung juga persentase keidealan menggunakan rumus [18]:

$$\% \text{ Keidealan tiap aspek} = \frac{(\text{Skor rata-rata tiap aspek})}{(\text{Skor maksimal ideal tiap aspek})} \times 100\%$$

$$\% \text{ Keidealan keseluruhan} = \frac{(\text{Skor rata-rata seluruh aspek})}{(\text{Skor maksimal ideal seluruh aspek})} \times 100\%$$

Kategori persentase keidealan dapat dilihat pada tabel 3.

Skor	Kategori	Rentang Skor	Keterangan
5	Sangat Baik	$X > 80\%$	Layak digunakan tanpa revisi
4	Baik	$66,67\% < X \leq 80\%$	Layak digunakan tanpa revisi
3	Sedang	$53,5\% < X \leq 66,67\%$	Layak digunakan dengan sedikit revisi
2	Kurang	$40\% < X \leq 53,5\%$	Layak digunakan dengan banyak revisi
1	Sangat Kurang	$X \leq 40\%$	Tidak layak digunakan

HASIL

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Kelayakan video pembelajaran berdasarkan hasil validasi oleh 3 ahli materi didapat skor rata-rata pada seluruh aspek 126 terkategori sangat baik, dengan persentase keidealan keseluruhan 93,4% sehingga masuk kategori sangat baik dan layak digunakan tanpa revisi. Hasil validasi oleh 3 ahli media didapat skor rata-rata 82 terkategori sangat baik dengan persentase keidealan keseluruhan 91,11% sehingga masuk kategori sangat baik dan layak digunakan tanpa revisi, walaupun hasil validasi video pembelajaran oleh ahli materi dan ahli media terkategori sangat baik dan layak digunakan, peneliti tetap melakukan revisi berdasarkan saran dan masukan yang diberikan oleh validator ahli materi dan ahli media. Revisi dilakukan peneliti guna memperbaiki kekurangan video pembelajaran sebelum diujicobakan pada peserta didik.

Hasil ujicoba terbatas oleh 6 peserta didik memberikan skor rata-rata pada seluruh aspek yaitu 18,167 terkategori sangat baik dengan persentase keidealan keseluruhan 90,83%, walaupun hasil ujicoba terbatas terkategori sangat baik dan layak digunakan, peneliti tetap melakukan revisi berdasarkan saran peserta didik pada ujicoba terbatas guna menyempurnakan video pembelajaran sebelum diujicobakan secara luas. Uji coba secara luas oleh 36 peserta didik memberikan skor rata-rata pada seluruh aspek yaitu 19,139 dengan persentase keidealan keseluruhan 95,70%.

Pengembangan video pembelajaran yang dilakukan peneliti sepadan dengan penelitian yang dilakukan oleh Dewi & Aini (2020) tentang pengembangan media pembelajaran *Powerpoint* interaktif berbasis inkuiri terbimbing pada materi larutan penyangga melaporkan bahwa media yang dihasilkan memiliki tingkat kevalidan dan kepraktisan sangat tinggi, Fhonna *et al* (2021) tentang dampak media video berbasis *Powerpoint* pada pembelajaran pada materi larutan asam basa untuk meningkatkan hasil belajar peserta didik mempunyai persentase sebesar 93,17% terkategori sangat baik dan 85,95% peserta didik melakukan aktivitas belajar yang diharapkan, selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Habib (2021) tentang pengembangan *powerpoint* interaktif berbasis *web* pada materi larutan elektrolit dan non elektrolit melaporkan bahwa *powerpoint* interaktif berbasis *web* pada materi larutan elektrolit dan non elektrolit dinyatakan layak secara teoritis dan praktis. Penelitian lain juga dilakukan oleh Prasetyo (2020) tentang pengembangan media pembelajaran kimia berbasis video animasi berbantuan *Microsoft Powerpoint* pada materi hidrokarbon dan minyak bumi mempunyai presentase keidealan 92% terkategori sangat baik dan dapat digunakan sebagai media alternatif pada proses pembelajaran di kelas.

Pemilihan *Microsoft Office Powerpoint 2021* didasarkan pada kriteria pemilihan media pembelajaran yang baik menurut Sadiman (2009) bahwa media pembelajaran yang baik memenuhi kriteria mudah dijangkau dan mempunyai efektifitas biaya dan jangka waktu yang panjang, praktis, efisien dan dapat digunakan dalam jangka waktu yang lama. *Microsoft Office Powerpoint 2021* yang digunakan peneliti untuk membuat video pembelajaran memenuhi kriteria ini karena memiliki kelebihan yaitu sebagai program aplikasi yang dirancang khusus menampilkan program multimedia menarik, mudah dalam penggunaan, tidak membutuhkan koneksi internet dan gratis tanpa biaya berlangganan serta mempunyai fitur dan tampilan *terupdate* guna membuat video. Video yang dihasilkan dapat disimpan dengan tingkat resolusi dan kualitas sesuai kebutuhan pengguna, video dapat disebarluaskan secara *online* dan *offline*, *Microsoft Office Powerpoint 2021* memungkinkan pengguna menyisipkan animasi dan template yang bervariasi secara gratis, selain memiliki kelebihan, kekurangan *Microsoft Office Powerpoint 2021* yaitu membutuhkan *pen tablet* untuk menulis dan menggambar, hanya dapat dijalankan pada sistem operasi *windows 10* dan *11*, serta membutuhkan pengguna yang mahir dan kreatif dalam mengoperasikannya [12].

Microsoft Office Powerpoint 2021 yang digunakan dalam penelitian ini dapat menjawab permasalahan yang dialami peserta didik dalam mempelajari materi stoikiometri berdasarkan hasil wawancara (hasil wawancara selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 2) dan analisis kebutuhan media. menurut pendapat yang dikemukakan oleh Assma (2018) bahwa stoikiometri merupakan materi kompleks, membosankan, bersifat abstrak yaitu atom sebagai partikel penyusun unsur tidak dapat dilihat dan reaksi kimia hanya bisa dilihat gejalanya, berdasarkan penelitian yang dilakukan peneliti dan didukung oleh ulasan *Microsoft Office Powerpoint 2021* oleh Microsoft (2021) pendapat ini dapat dipatahkan dengan penggunaan *Microsoft Office Powerpoint 2021* sebagai program aplikasi pembuat video pembelajaran, dimana reaksi kimia yang awalnya yang hanya bisa dilihat gejalanya seperti pada reaksi cuka dan baking soda yang diindikasikan dengan mengembangnya balon pertanda adanya gas CO₂ (pada video pembelajaran ke 3) dapat dikonkretkan

dengan animasi pergerakan gas CO₂ melalui bulatan-bulatan molekul yang bergerak bebas didalam balon, selain itu *fitur draw and screen recording* membuat peneliti dapat menjelaskan materi layaknya menulis di papan tulis yang menampilkan wajah peneliti.

Video pembelajaran yang dikembangkan dalam penelitian ini berformat MP4 dan disimpan dalam resolusi *full High Definition (HD)* untuk diputar pada gawai dan resolusi 4K untuk ditampilkan pada layar proyektor. Jumlah video pembelajaran sebanyak 4 yang dibuat berdasarkan alokasi waktu dan jumlah pertemuan berdasarkan silabus dan analisis kompetensi dasar pada materi pokok stoikiometri. Setiap video pembelajaran terdiri dari tiga bagian yaitu tampilan awal video mencakup *cover*, tujuan pembelajaran, *list* materi dan durasi. Tampilan isi video mencakup pemaparan materi, contoh soal, latihan soal, animasi dan praktikum (hanya pada video pembelajaran ketiga) sesuai tema pembelajaran. Tampilan Penutup video berisi soal evaluasi. Soal evaluasi dan latihan soal dalam video pembelajaran disusun berdasarkan kaidah penyusunan soal *Higher Order Thinking Skills (HOTS)* menurut Rasyid (2019).

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan pada bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan bahwa: Hasil pengembangan video pembelajaran menggunakan *Microsoft Powerpoint 2021* sebagai media pembelajaran pada materi pokok stoikiometri menghasilkan 4 video dimana setiap video terdiri dari tampilan awal mencakup *cover*, tujuan pembelajaran, *list* materi dan durasi. Tampilan isi mencakup pemaparan materi, contoh soal, latihan soal dan praktikum (hanya pada video pembelajaran ketiga). Tampilan Penutup video berisi soal evaluasi. Video pembelajaran juga berisi gambar, animasi, dan musik yang membantu peserta didik mempelajari materi stoikiometri dengan bahagia. Video dapat disimpan dalam berbagai tingkat resolusi sesuai kebutuhan dan format video pembelajaran yang dihasilkan yaitu MP4 memungkinkan video dapat disebarluaskan secara *offline* dan *online* serta dapat diputar melalui semua perangkat elektronik yang mendukung format MP4 seperti *Handphone, Laptop, DVD Player*, dll. Hasil penilaian ahli materi dan ahli media terhadap kelayakan video pembelajaran termasuk kategori sangat baik dengan persentase keidealan keseluruhan 93,4% dan 91,11%. Hasil uji coba terbatas dan uji coba secara luas memiliki presentase 90,83% dan 95,70% termasuk kategori sangat baik sehingga video pembelajaran ini layak digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Andriyani, W. Wildan, and B. F. Dwirani Sofia, "Studi Pelaksanaan Pembelajaran Kimia di SMAN 3 Mataram Secara Daring pada Masa Pandemi Covid-19 Tahun Ajaran 2019/2020," *J. Ilm. Profesi Pendidik.*, vol. 6, no. 1, pp. 145–150, 2021, doi: 10.29303/jipp.v6i1.176.
- [2] T. Ivanova, N. Gubanova, and I. Shakirova, "Educational technology as one of terms for enhancing public speaking skills," vol. 12, no. Januari, 2020.
- [3] L. Fitriani, "Efektivitas Pembelajaran Luring sistem shift pada mata pelajaran pendidikan jasmani, olahraga dan kesehatan selama pandemi covid-19 di SDN 26 Kabupaten Sarolangun," vol. 2507, no. February, pp. 1–9, 2020.
- [4] Depdiknas, "Permendiknas RI No. 22 Tahun 2006 tentang Standar Isi untuk Satuan Pendidikan Dasar dan Menengah." Depdiknas, Jakarta, 2006.

- [5] N. M. Rosa, "Pengaruh sikap pada mata pelajaran kimia dan konsep diri terhadap prestasi belajar kimia," vol. 2, no. 22, pp. 218–226, 2015, [Online]. Available: <https://journal.lppmunindra.ac.id/index.php/Formatif/article/viewFile/104/99>
- [6] R. Abduhan, S. Mulyani, and B. Utami, "Pengaruh Model Pembelajaran Problem Solving Dan Student Teams Achievement Divisions (Stad) Berkombinasi Drill and Practice Dengan Memperhatikan Kemampuan Matematika Terhadap Prestasi Belajar Siswa," *J. Pendidik. Kim. Univ. Sebel. Maret*, vol. 4, no. 4, pp. 71–79, 2015.
- [7] S. Assma, "Pengembangan Modul Pembelajaran Kimia berbasis Multipel Representasi pada materi Stoikiometri kelas X SMAN 01 Rasau Jaya," *repository.unmuhpnk.ac.id*, vol. 84, pp. 487–492, 2018, [Online]. Available: <http://ir.obihiro.ac.jp/dspace/handle/10322/3933>
- [8] N. Teni, "Pengembangan media pembelajaran untuk meningkatkan hasil belajar siswa," *Pengemb. media pembelajaran untuk Meningkatkan. Has. belajar siswa*, vol. 03, no. 01, p. 171, 2018.
- [9] I. K. Sudarma, "Pengembangan Media Video Pembelajaran Berorientasi Pendidikan Karakter," vol. 3, no. 20, pp. 140–146, 2019.
- [10] R. Cheppy, *pedoman pengembangan media video*. Bandung: Program P3AI Universitas Pendidikan Indonesia, 2007.
- [11] A. Ikhsan, "Pemanfaatan media pembelajaran di madrasah ibtidaiyah negeri kota jambi," UIN Sulthan Thaha Saifuddin Jambi, 2020.
- [12] Microsoft, "Yang baru di PowerPoint 2021 untuk Windows," *support.microsoft.com*, 2021. <https://support.microsoft.com/id-id/office/yang-baru-di-powerpoint-2021-untuk-windows-dac3eb1b-483b-4043-a0c9-5c01c2c1a8f2>
- [13] D. R. Prasetyo, "Pengembangan Media Pembelajaran Kimia Berbasis Video Animasi Berbantuan Microsoft Powerpoint Pada Materi Hidrokarbon Dan Minyak Bumi," Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta, 2020.
- [14] S. N. Fhonna, A. Gani, and M. Nasir, "Dampak Media Video berbasis PowerPoint pada Pembelajaran Materi Larutan Asam-Basa untuk Meningkatkan Hasil Belajar Peserta Didik," *J. Pendidik. Kim. Indones.*, vol. 5, no. 2, pp. 51–59, 2021.
- [15] R. S. Dewi and S. Aini, "Pengembangan Media Pembelajaran Powerpoint Interaktif berbasis Inkuiri Terbimbing pada Materi Reaksi Redoks Kelas XII SMA/MA," *J. Multidiscip. Res. Dev.*, vol. 3, no. 1, 2020, doi: 10.24036/ekj.v1.i1.a3.
- [16] W. Borg and M. Gall, *Educational Research an Introduction*, Second edi. Newyork: Far West Laboratory for Educational Research and Development Utah State University, 1983.
- [17] A. Ulfah, "Pengembangan Film Animasi dengan Materi Perkembangan Kerajaan-Kerajaan Islam di Indonesia sebagai Sumber Belajar IPS SMP kelas VII," 2017, [Online]. Available: [https://eprints.uny.ac.id/53316/2/BAB III 12416244013.pdf](https://eprints.uny.ac.id/53316/2/BAB%20III%2012416244013.pdf)
- [18] A. Sudjono, *Pengantar Evaluasi Pendidikan*. Jakarta: Rajawali Pers, 2009.
- [19] M. Habib, "Pengembangan PowerPoint Interaktif berbasis WEB pada Materi Larutan Elektrolit dan NonElektrolit di SMA Kelas X IPA," *repository.unja.ac.id*, 2021, [Online]. Available: <https://repository.unja.ac.id/20579/>
- [20] A. Sadiman, *Media Pendidikan: Pengertian, Pengembangan, dan Pemanfaatannya*. Jakarta: Raja Grafindo Persada, 2009.
- [21] M. Rasyid, *Modul Penyusunan Soal Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi (Higher Order Thinking Skills) KIMIA*, vol. 59. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Atas Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar Dan Menengah Kementerian Pendidikan Dan Kebudayaan Jalan, 2019.

PENGEMBANGAN MEDIA *GAME SPINNING WHEEL* PADA MATERI STOKIOMETRI DI SMK NEGERI 7 KUPANG

Prisca M. Tse¹, Lolita A. M. Parera², Arvinda C. Lalang³

Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Nusa Cendana, Jl. Adi Sucipto-Penfui, Kota Kupang, Nusa Tenggara Timur, 85001, Indonesia

Email: priscatse92495@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui wujud media *game spinning wheel* pada materi stokiometri dan untuk mengetahui kelayakan media *game spinning wheel* pada materi stokiometri. Penelitian ini adalah penelitian pengembangan yang diadaptasi oleh Sugiyono dengan sedikit penyesuaian. Prosedur yang ditempuh untuk menghasilkan produk dibagi menjadi 8 tahap, yaitu: 1) potensi dan masalah, 2) pengumpulan data, 3) desain produk, 4) validasi produk, 5) revisi produk, 6) uji coba produk (skala kecil), 7) revisi produk, 8) uji coba produk (skala besar). Validasi media dilakukan oleh validator soal dan ahli media, sedangkan untuk uji kelompok kecil dan besar diuji cobakan kepada 6 peserta didik kelas X TKJ 2 (Teknik Komputer dan Jaringan) SMK Negeri 7 Kupang dan 30 peserta didik kelas X TKJ (Teknik Komputer dan Jaringan) SMK Negeri 7 Kupang. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa *game spinning wheel* pada materi stokiometri (konsep mol) terdiri dari beberapa bagian yaitu tampilan depan *game spinning wheel*, petunjuk permainan, aturan permainan, papan *spinning wheel*, kartu merah, kartu biru, kartu kuning, kartu spesial maupun jawabannya yang didesain pada setiap *slide* pada *microsoft powerpoint* 2010. Sedangkan hasil penilaian validator soal dan ahli media terhadap kelayakan media *game spinning wheel* ini memiliki kategori sangat baik dengan presentase keidealan keseluruhan masing-masing 92,82% untuk ahli materi dan 89,82% untuk ahli media. Hasil penilaian uji kelompok kecil dan uji kelompok besar terhadap *game spinning wheel* ini sangat baik dengan persentase keidealan 92,5% dan 89%. Berdasarkan hasil penilaian uji ahli dan uji lapangan yang terdiri atas uji kelompok kecil dan uji kelompok besar terhadap *game spinning wheel* ini layak digunakan.

Kata Kunci: Pengembangan, *Spinning Wheel*, dan *Microsoft Powerpoint*

ABSTRACT

This study aims to determine the form of game spinning wheel media on stoichiometric material and to determine the feasibility of spinning wheel game media on stoichiometric material. This research is a development research which was adapted by Sugiyono with slight adjustments. The procedure taken to produce the product is divided into 8 stages, namely: 1) potential and problems, 2) data collection, 3) product design, 4) product validation, 5) product revision, 6) product trial (small scale), 7) product revision, 8) product trial (large scale). Media validation was carried out by question validators and media experts, while for the small and large group test it was tested on 6 students of class X TKJ 2 (Computer and Network Engineering) SMK Negeri 7 Kupang and 30 students of class X TKJ (Computer and Network Engineering) SMK Negeri 7 Kupang. Based on the results of the study, it can be concluded that the spinning wheel game on stoichiometric material (mole concept) consists of several parts, namely the front view of the spinning wheel game, game instructions, game rules, spinning wheel board, red card, blue card, yellow card, special card and the answer. which is designed on each slide in Microsoft PowerPoint 2010. While the results of the assessment of the question validators and media experts on the feasibility of this spinning wheel game media have a very good category with an overall

ideal percentage of 92.82% for material experts and 89.82% for experts. media. The results of the small group test and large group test assessment on the spinning wheel game are very good with ideal percentages of 92.5% and 89%.

Keywords: Development, Spinning Wheel, and Microsoft Powerpoint

PENDAHULUAN

Dunia pendidikan sangat penting dalam kehidupan manusia, karna manusia yang berpendidikan kehidupannya akan selalu berkembang kearah yang lebih baik. Perubahan tersebut mengarah pada kemajuan pendidikan yang memerlukan berbagai inovasi (pembaharuan). Hal tersebut memacu guru untuk membuat inovasi pembelajaran agar para peserta didik bersemangat, mempunyai motivasi untuk belajar dan antusias menyambut pelajaran di sekolah. Bidang pendidikan memiliki banyak ilmu yang dapat diserap peserta didik. Salah satu ilmu yang dapat diserap peserta didik yakni ilmu kimia.

Ilmu kimia sendiri merupakan salah satu cabang ilmu pengetahuan alam (IPA) yang penting untuk dipelajari, namun di sekolah pelajaran kimia dianggap sebagai pelajaran yang sulit dan membosankan bagi sebagian peserta didik. Hal tersebut dikarenakan ada beberapa cakupan materi ajar berupa konsep-konsep yang bersifat abstrak dan kompleks, sehingga siswa sulit untuk memahami representasi pada hal-hal yang bersifat abstrak dan tidak dapat diamati secara langsung oleh peserta didik [6]. Ilmu kimia khususnya pada pembelajaran kimia, peserta didik diharapkan mampu mencapai tujuan akhir dari pembelajaran. Tujuan akhir tersebut yakni penguasaan ilmu-ilmu kimia. Namun dalam penguasaan tersebut peserta didik diharapkan mampu menguasai materi stokiometri sebagai materi dasar yang wajib dikuasai sebelum mempelajari materi yang lain.

Materi stokiometri dipilih karena merupakan materi dasar kimia yang mendukung untuk memahami konsep-konsep lain kimia seperti kinetika kimia, kesetimbangan kimia, termokimia, dan kimia larutan. Berdasarkan hasil wawancara salah satu guru SMK Negeri 7 Kupang bernama Saleha Narang menunjukkan bahwa stokiometri tergolong materi yang sulit untuk dipelajari. Hal tersebut dikarenakan : 1) Materi stokiometri disertai dengan perhitungan sehingga peserta didik agak kesulitan dengan perhitungan matematisnya. 2) Kurangnya penggunaan media dalam proses pembelajaran. 3) Kurangnya kemampuan guru tentang pembuatan media dengan teknologi yang ada. Hal ini juga sejalan dengan hasil wawancara dengan beberapa peserta didik yaitu Rendi, Mimin, Dahlia, Aril, Jenesa dan Helena. Pernyataan dari 6 peserta didik menunjukkan bahwa mereka kurang memahami materi stokiometri dikarenakan 1) Guru jarang menghubungkan materi dengan kehidupan sehari-hari. 2) Banyaknya perhitungan membuat peserta didik kurang memahami. 3) Metode yang dipakai dalam mengajar masih kurang tepat karena masih seperti bercerita dan peserta didik meminta agar diadakannya animasi. Masalah yang terjadi di sekolah ini menunjukkan bahwa harus diadakan suatu inovasi baru pada media ajar yang digunakan.

Guru membutuhkan media pembelajaran untuk menunjang ketercapaian hasil belajar peserta didik dalam proses pembelajaran. Hal tersebut membuat guru harus mampu menguasai dan menerapkan kemajuan teknologi dalam pembelajaran dengan maksimal. Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi telah berpengaruh terhadap penggunaan alat-alat bantu mengajar di sekolah-sekolah dan lembaga-lembaga pendidikan lainnya. Hal ini mengindikasikan bahwa penggunaan teknologi informasi dalam proses pembelajaran di kelas, sudah menjadi suatu kebutuhan sekaligus tuntutan di era global ini. Berdasarkan referensi tersebut maka dibuatnya *game spinning wheel* dengan penggunaan aplikasi *Microsoft Office Powerpoint 2010*.

Penggunaan aplikasi *Microsoft Office Powerpoint 2010* yaitu untuk membuat desain *game* yang akan digunakan dengan menggunakan fitur-fitur yang ada. Fitur-fitur tersebut hanya ada pada *Microsoft Office Powerpoint 2010*, salah satunya yaitu penggunaan *effects* yang membuat *spinning wheel* berputar dengan menekan tombol "START/STOP". Tidak hanya, itu ada penggunaan fitur *hyperlink* yang membuat pengguna lebih cepat mengakses ke halaman yang lain hanya dengan menekan nomor atau pilihan yang ada. Penggunaan aplikasi *Microsoft Office Powerpoint 2010* juga dapat mempermudah guru karna mudah di bawah kemana saja dan dapat dipakai dalam jangka waktu yang lama.

Media pembelajaran *spinning wheel* atau roda putar adalah salah satu alat berputar berbentuk lingkaran yang bergerak sesuai porosnya dan berhenti disalah satu bagian gambar [7]. Media pembelajaran *spinning wheel* atau roda putar tersebut dapat dijadikan sebagai permainan dalam proses pembelajaran. Penggunaan *game* ini mempengaruhi proses belajar sehingga hasil belajar peserta didik menjadi lebih baik. Hal ini dibuktikan oleh hasil penelitian Saputri [10] yang menunjukkan bahwa penggunaan media *game spinning wheel* ini berpengaruh terhadap keterampilan menulis karangan narasi peserta didik. Selain itu hasil penelitian [1] yang menunjukkan bahwa penggunaan roda matemetri berpengaruh menghidupkan suasana kelas dan menjadikan pembelajaran yang aktif. Selain itu juga hasil penelitian [3] yang menunjukkan bahwa penggunaan *spinning question* berpengaruh terhadap hasil belajar peserta didik. Media *game spinning wheel*, roda matemetri dan *spinning question* merupakan permainan yang sejenis yang dibedakan oleh pemakaian nama.

Berdasarkan hasil penelitian terdahulu dan permasalahan peserta didik dan guru melalui hasil wawancara maka peneliti tertarik untuk mengangkat tema yaitu, “Pengembangan Media *Game Spinning Wheel* pada Materi Stokimetri di SMK Negeri 7 Kupang”. Tujuan yang ingin dicapai penelitian ini yaitu untuk mengetahui wujud media *game spinning wheel* pada materi stokimetri dan untuk mengetahui kelayakan media *game spinning wheel* pada materi stokimetri.

METODE

Pengembangan media pembelajaran *game spinning wheel* ini menggunakan jenis penelitian pengembangan (*Research and Development*) yang dikembangkan oleh Sugiyono [9]. Sugiyono [9] menyatakan bahwa “metode penelitian dan pengembangan adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu, dan menguji keefektifan produk tersebut”. Penelitian ini akan mengadopsi berdasarkan langkah-langkah Sugiyono [9]. Prosedur yang ditempuh untuk menghasilkan produk dibagi menjadi 8 tahap, yaitu: 1) potensi dan masalah, 2) pengumpulan data, 3) desain produk, 4) validasi produk, 5) revisi produk, 6) uji coba produk (skala kecil), 7) revisi produk, 8) uji coba produk (skala besar). Tahapan pertama yang dilakukan dalam penelitian pengembangan ini adalah mengumpulkan informasi terkait potensi dan masalah yang ada di lokasi penelitian. Potensi masalah dalam penelitian ini dilihat dari permasalahan yang ada di sekolah yaitu kurangnya pemahaman guru dalam membuat media *game* yang berkaitan dengan teknologi.

Tahap selanjutnya yaitu pengumpulan informasi diperoleh dari hasil wawancara dengan guru kimia SMK Negeri 7 Kupang mengenai penggunaan media dalam pembelajaran. Data yang diperoleh dijadikan pedoman digunakan untuk membuat produk yang berkaitan dengan media. Langkah selanjutnya yaitu validasi produk oleh validator soal dan ahli media. Proses penilaian oleh ahli pakar dilakukan dengan cara mengisi angket penilaian validasi media, untuk memberikan saran atas kekurangan media *game spinning wheel*, selanjutnya dari kekurangan tersebut dapat diperbaiki dengan cara revisi produk. Apabila produk telah valid maka akan dilanjutkan ke tahap uji coba produk.

Uji coba produk dilakukan untuk mengetahui kelayakan media pembelajaran. Uji coba produk dilakukan pada kelompok terbatas yakni kelompok kecil dan kelompok besar. Uji coba kelompok kecil akan dilakukan pada 6 peserta didik kelas TKJ 2 (Teknik Komputer dan Jaringan) SMK Negeri 7 Kupang yang dibagi menjadi 2 kelompok masing-masing kelompok 3 orang yang terdiri dari 1 peserta didik pintar, 1 peserta didik sedang dan 1 peserta didik kurang pintar. Uji coba kelompok besar dilakukan oleh seluruh peserta didik kelas X TKJ (Teknik Komputer dan Jaringan) SMK Negeri 7 Kupang. Teknik pengambilan sampel untuk uji coba pada kelompok kecil ini menggunakan pengambilan sampel acak berstrata (*Stratified Random Sampling*). Uji coba ini dilakukan pada peserta didik kelas X TKJ (Teknik Komputer dan Jaringan) SMK Negeri 7 Kupang.

Instrumen pengumpulan data yang digunakan yaitu angket. Angket merupakan teknik pengumpulan data yang dilakukan dengan cara memberi seperangkat pertanyaan atau pernyataan tertulis kepada responden untuk dijawabnya [9]. Angket digunakan untuk mengukur kualitas *game spinning wheel* yang dikembangkan. Instrumen angket pada penelitian *Research and Development* ini digunakan untuk memperoleh data dari validator soal, ahli media dan peserta didik serta guru mata pelajaran kimia sebagai bahan mengevaluasi *game spinning wheel* yang dikembangkan.

Analisis data dalam penelitian ini menggunakan analisis deskriptif kuantitatif. Teknik analisis data pada penelitian ini menggunakan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Data Kelayakan Pengembangan Produk

Data dalam proses pengembangan produk ini bersifat deskriptif bukan angka. Data dapat berupa gejala-gejala, kejadian dan peristiwa yang kemudian dianalisis dalam bentuk kategori-kategori. Analisis deskriptif merupakan suatu teknik pengolahan data yang dilakukan dengan mengelompokkan informasi-informasi dari data kualitatif yang berupa masukan, tanggapan, kritik, dan saran perbaikan yang terdapat pada lembar kuesioner dan hasil wawancara.

2. Data Kelayakan Produk yang Dihasilkan

Data mengenai kelayakan produk *game spinning wheel* diperoleh dari penilaian para ahli dan respon atau tanggapan peserta didik yang dibuat dalam bentuk skor. Data berupa masukan dirangkum dan dijadikan dasar untuk melakukan revisi produk hingga diperoleh produk akhir.

• Data Penilaian Ahli dan Data Responden Peserta Didik

Langkah-langkah analisis data kualitas produk yaitu :

1. Mengubah nilai kualitatif dengan menggunakan skala *Likert* dengan ketentuan :

- SB (Sangat Baik) = 5
- B (Baik) = 4
- C (Cukup) = 3
- K (Kurang) = 2
- SK (Sangat Kurang) = 1

2. Setelah data terkumpul, kemudian menghitung skor rata-rata dari setiap aspek kriteria yang dinilai dengan rumus :

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

Keterangan :

- \bar{X} = Skor rata-rata
- $\sum X$ = Jumlah skor
- n = Jumlah penilaian

3. Mengubah skor rata-rata yang berupa data kualitatif menjadi nilai kuantitatif dengan kategori penilaian ideal dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3. Kategori Penilaian Ideal.

Skor	Kategori	Rentang Skor
5	Sangat Baik	$\bar{X}_i + 1,80 SB_i < X$
4	Baik	$\bar{X}_i + 0,60 SB_i < X \leq \bar{X}_i + 1,80 SB_i$
3	Sedang	$\bar{X}_i - 0,60 SB_i < X \leq \bar{X}_i + 0,60 SB_i$
2	Kurang	$\bar{X}_i - 1,80 SB_i < X \leq \bar{X}_i - 0,60 SB_i$
1	Sangat Kurang	$X \leq \bar{X}_i - 1,80 SB_i$

Sumber : [8]

Untuk harga \bar{X}_i (rerata skor ideal) dan SB_i (simpangan baku skor ideal) diperoleh dengan rumus :

$$\bar{X}_i = \frac{1}{2} (\text{Skor Maksimal ideal} + \text{skor minimal ideal})$$

$$SB_i = \frac{1}{2} (\text{Skor Maksimal Ideal} - \text{Skor Minimal Ideal})$$

Keterangan :

- SB_i = Simpangan Baku Ideal
- X = Skor Ideal
- \bar{X}_i = Rata-rata ideal

Skor Maksimal Ideal = Σ butir kriteria x skor tertinggi

Skor Minimal Ideal = Σ butir kriteria x skor terendah

4. Data skor rata-rata tiap aspek dan keseluruhan aspek yang diperoleh kemudian dihitung juga dengan persentase keidealan dengan rumus:

$$\% \text{Keidealan} = \frac{\text{Skor rata - rata}}{\text{Skor tertinggi}} \times 100\%$$

Tabel 3.4. Persentase Kriteria Keidealan.

Skor	Kategori	Rentang Skor	Keterangan
5	Sangat Baik	$X > 80\%$	Layak digunakan tanpa revisi
4	Baik	$66,67\% < X \leq 80\%$	Layak digunakan tanpa revisi
3	Sedang	$53,5\% < X \leq 66,67\%$	Layak digunakan dengan sedikit revisi
2	Kurang	$40\% < X \leq 53,5\%$	Layak digunakan dengan banyak revisi
1	Sangat Kurang	$X \leq 40\%$	Tidak layak digunakan

Sumber: [8]

Untuk mempermudah mengumpulkan % keidealan keseluruhan, maka data-data % keidealan tiap aspek tersebut dimasukkan kedalam Tabel hasil penilaian respon peserta didik terhadap kualitas *spinning wheel*.

Tabel 3.5. Hasil Penilaian Ahli Terhadap Kualitas *Spinning Wheel*.

No	Aspek Penilaian	Kriteria	Penilaian (Peserta didik)			Σ Per Aspek	Rata-Rata	% Keidealan
			1	2	Dst			
1								
2								
		Dst.						
		Jumlah Skor						

Sumber: [8]

HASIL

Penelitian ini menghasilkan *game spinning wheel* pada materi stokiometri (konsep mol) dengan menggunakan aplikasi *Microsoft Powerpoint 2010*.

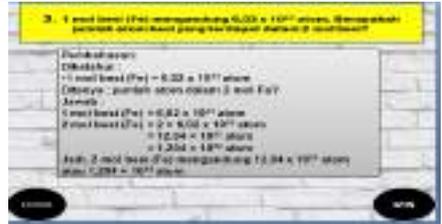
A. Hasil Penelitian

1. Penyajian Data Uji Coba

a. Penyajian Produk Hasil Pengembangan

Game spinning wheel yang dihasilkan terdiri dari 7 bagian yaitu:

Komponen	Desain
Tampilan depan	
Petunjuk Permainan	

<p>Aturan-aturan</p>	
<p>Roda Putar</p>	
<p>Kartu Pertanyaan</p>	<p>(Kartu Merah)</p>  <p>(Kartu Biru)</p>  <p>(Kartu Kuning)</p> 
<p>Kartu Spesial</p>	
<p>Kartu Jawaban “Kartu Spesial”</p>	

b. Penyajian Data Hasil Uji Coba

1) Validasi Soal

Tabel 4.1. Hasil penilaian validator soal.

Aspek Penilaian	Indikator	Rata-rata	%Keidealan
Kelayakan Isi	Soal sesuai dengan Indikator Kompetensi	5	100%
	Soal mempunyai satu jawaban yang benar	5	100%
	Pokok soal dirumuskan secara jelas dan tegas	4,67	93,4%
	Rumusan pokok soal (stem) dan jawaban logis	4,67	93,4%
	Pokok soal tidak memberi petunjuk ke arah jawaban benar	4,33	86,6%
	Pokok soal tidak mengandung penafsiran ganda	4,33	86,6%
	Butir soal tidak bergantung pada jawaban soal sebelumnya	4,67	93,4%
Jumlah		32,67	93,34%
Kebahasaan	Menggunakan Bahasa Indonesia yang baku	5	100%
	Menggunakan bahasa komunikatif sehingga mudah dimengerti	5	100%
Jumlah		10	100%
Jumlah keseluruhan		42,67	94,82%

2) Validasi Media

Tabel 4.2. Hasil penilaian ahli media.

Aspek Penilaian	Indikator	Rata-rata	%Keidealan
Aspek Rekayasa Media	Keefektifan penggunaan media	4,67	93,4%
	Kreatifitas dalam pengembangan media pembelajaran	4,67	93,4%
	<i>Maintainable</i> (dapat dipelihara/dikelola dengan mudah)	5	100%
	<i>Usabilitas</i> (mudah digunakan dan sederhana dalam pengoperasiannya)	4,67	93,4%
	Petunjuk penggunaan media jelas dan mudah dipahami	4,67	93,4%
	<i>Reusable</i> (dapat digunakan kembali)	4,67	93,4%
	Ketepatan media dengan materi	4,67	93,4%
Jumlah skor		33,02	92,28%
Aspek Komunikasi Visual	Komunikatif (Bahasa mudah dipahami)	4,67	93,4%
	Ukuran media	4,67	93,4%
	Pemilihan jenis huruf dalam media	4	80%
	Kesesuaian ukuran huruf	4,33	86,6%
	Ketepatan penempatan angka dalam media	4,33	86,6%
	Kesesuaian ukuran angka	4,67	93,4%
	Komposisi warna dalam media	4	80%
	Keserasian pemilihan warna	4,33	86,6%
	Kerapian desain	4,33	86,6%
	Kemenarikan desain	4,33	86,6%

	Pengaturan tata letak	4,67	93,4%
	Desain logo (menarik)	4	80%
Jumlah Skor		52,33	87,21%
Jumlah Keseluruhan		85,35	89,82%

3) Uji Kelayakan pada peserta didik.

a) Uji coba terbatas kelompok kecil

Tabel 4.3. Penilaian oleh peserta didik kelompok kecil.

Aspek Penilaian	Indikator	Rata-rata	%Keidealan
Aspek Rekayasa Media	Mudah disimpan	4,5	90%
	Mudah digunakan	4,67	93,4%
	Kejelasan petunjuk penggunaan media	4,83	96,6%
	Pengemasan media	4,5	90%
Jumlah Skor		18,5	92,5%
Aspek Pembelajaran	Kesesuaian materi dengan kompetensi dasar	4,5	90%
	Kelengkapan cakupan soal	4,67	93,4%
	Bahasa soal untuk dipahami	4,67	93,4%
	Kejelasan uraian soal	4,67	93,4%
	Ketepatan kunci jawaban dengan soal	4,83	96,6%
Jumlah Skor		23,33	93,32%
Aspek Komunikasi Visual	Komunikatif (Bahasa mudah dipahami)	4,83	96,6%
	Pemilihan jenis dan ukuran huruf yang digunakan	4,5	90%
	Keterbacaan teks	4,5	90%
	Pengaturan tata letak		
	Keserasian pemilihan warna	4,5	90%
	Kerapian desain	5	100%
	Kemenarikan desain	4,5	90%
Jumlah Skor		32,16	91,88%
Jumlah Keseluruhan		74	92,5%

b) Uji coba terbatas kelompok besar

Tabel 4.4. Penilaian oleh peserta didik kelompok besar.

Aspek Penilaian	Indikator	Rata-rata	%Keidealan
Aspek Rekayasa Media	Mudah disimpan	4,46	89,2%
	Mudah digunakan	4,3	86%
	Kejelasan petunjuk penggunaan media	4,6	92%
	Pengemasan media	4,26	85,2%
Jumlah Skor		17,63	88,15%
Aspek Pembelajaran	Kesesuaian materi dengan kompetensi dasar	4,46	89,2%
	Kelengkapan cakupan soal	4,56	90,6%
	Bahasa soal untuk dipahami	4,23	84,6%
	Kejelasan uraian soal	4,6	92,2%
	Ketepatan kunci jawaban dengan soal	4,56	90,6%
Jumlah Skor		22,43	89,72%
Aspek Komunikasi Visual	Komunikatif (Bahasa mudah dipahami)	4,6	92,2%
	Pemilihan jenis dan ukuran huruf yang digunakan	4,06	81,4%
	Keterbacaan teks	4,36	87,6%
	Pengaturan tata letak	4,36	87,6%

	Keserasian pemilihan warna	4,56	90,6%
	Kerapian desain	4,56	90,6%
	Kemenarikan desain	4,6	92,2%
Jumlah Skor		31,13	88,94%
Jumlah Keseluruhan		71,2	89%

2. Revisi Produk

1) Revisi validator soal

Tabel 4.5. Saran dari validator soal secara garis besar.

No	Kondisi Awal Media	Perbaikan
1	Beberapa soal tidak dicantumkan nilai Ar	Telah menambahkan nilai Ar
2	Nilai Ar yang digunakan kurang tepat	Telah menggunakan nilai Ar yang tepat
3	Kurangnya variasi soal	Telah bervariasi soal
4	Penulisan senyawa kurang baik	Telah memperhatikan penulisan senyawa

2) Revisi ahli media

- Merubah pembahasan soal (jawaban) masih menggunakan *screenshot* agar tidak buram
- Penambahan identitas pembuat *game*
- Memperhatikan penggunaan kesesuaian warna dan komponen
- Penambahan logo *game spinning wheel*

B. Pembahasan Hasil Penelitian

Media pembelajaran *spinning wheel* dinilai kelayakannya oleh 3 orang validator soal yaitu Yosep Lawa, S.Pd., M.Biotech (Dosen Kimia FKIP UNDANA), Ni Wayan O. A. C. Dewi, S.Pd., M.Si (Dosen Kimia FKIP UNDANA), Saleha Narang, S.Pd guru mata pelajaran kimia di SMK Negeri 7 Kupang). Sedangkan untuk ahli media diuji oleh 3 dosen yaitu Johnson N. Naat, S.Pd., M.Si (Dosen Kimia FKIP UNDANA), Kadek Ayu Astiti, S.Pd., M.Pd (Dosen Fisika FKIP UNDANA) dan Edwin A. U. Malahina, S.Kom., M. T (Dosen STIKOM UYELINDO Kupang). Berdasarkan rekapitulasi penilaian validator soal pada tabel 4.1 diperoleh rerata skor keseluruhan sebesar 42,67 yang terletak pada rentang $37,8 < X$ sehingga berdasarkan kategori keidealan dinyatakan "Sangat Baik". Sedangkan berdasarkan presentasi keidealan yaitu sebesar 94,82% sehingga mendapatkan kategori "Sangat Layak". Sedangkan Berdasarkan rekapitulasi penilaian ahli media pada tabel 4.2 diperoleh rerata skor keseluruhan sebesar 85,35 yang terletak pada rentang $79,80 < X$ sehingga berdasarkan kategori keidealan dinyatakan "Sangat Baik". Sedangkan berdasarkan presentasi keidealan yaitu sebesar 89,82% sehingga mendapatkan kategori "Sangat Layak".

Penilaian peserta didik dilakukan dengan dua tahap uji coba yaitu uji coba kelompok kecil yang melibatkan 6 peserta didik (masing-masing 3 peserta didik) dari kelas X TKJ 2, dan uji coba kelompok besar yang melibatkan 30 peserta didik dari kelas X TKJ. Berdasarkan hasil rekapitulasi penilaian uji coba kelompok kecil (tabel 4.3) diperoleh rata-rata keseluruhan 74. Berdasarkan tabel 3.3 mengenai kategori keidealan, hasil uji kelompok kecil mendapat rata-rata keseluruhan dengan nilai 74 yang berada pada rentang $67,20 < X$ sehingga dikategori "Sangat Baik". Sedangkan berdasarkan tabel 3.4 mengenai persentase kriteria keidealan, hasil uji kelompok kecil yaitu sebesar 92,5% sehingga dikategori "Sangat Layak", artinya dalam uji coba kelompok kecil media *spinning wheel* sudah baik memenuhi kebutuhan peserta didik, dengan bahasa penggunaan media yang jelas, membuat peserta didik tertarik untuk mencoba memainkan, dan memenuhi syarat untuk diuji coba kelompok besar. Berdasarkan hasil rekapitulasi penilaian uji coba kelompok besar (tabel 4.4) diperoleh rata-rata keseluruhan 71,2. Berdasarkan tabel 3.3 mengenai kategori keidealan, hasil uji kelompok besar mendapat rata-rata keseluruhan dengan nilai 71,2 yang berada pada rentang $67,20 < X$ sehingga dikategori "Sangat Baik". Sedangkan berdasarkan tabel 3.4 mengenai persentase kriteria keidealan, hasil uji kelompok besar yaitu sebesar 89% sehingga dikategori "Sangat Layak", artinya media *spinning wheel* yang dikembangkan memiliki kriteria yang sangat baik sebagai suatu alternatif media baru yang dapat digunakan oleh peserta didik dalam pembelajaran.

SIMPULAN

Berdasarkan uraian pada bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil pengembangan *game spinning wheel* pada materi stokiometri (konsep mol) terdiri dari beberapa bagian yaitu tampilan depan *game spinning wheel*, petunjuk permainan, aturan permainan, papan *spinning wheel*, kartu merah, kartu biru, kartu kuning, kartu spesial maupun jawabannya yang didesain pada setiap *slide*.
2. Hasil penilaian validator soal dan ahli media terhadap kelayakan *game spinning wheel* ini dikategorikan “sangat layak” dengan persentase keidealan secara keseluruhan 94,82% untuk validator soal dan 89,82% untuk ahli media serta 92,5% untuk uji kelompok kecil pada peserta didik dengan kategori sangat baik dan 89% untuk uji kelompok besar pada peserta didik dengan kategori sangat baik. Dari hasil data tersebut, *game spinning wheel* pada materi stokiometri dinyatakan layak untuk digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Angelina, C., Siregar, J., Alfiyyah, S., Kusnadi, A., Jannah, M., & Wardani, S. I. (2021). Pengembangan Media Pembelajaran Roda Berputar untuk Materi Trigonometri. *Journal of Instructional Development Research*, 2(2), 81–94.
- [2] BSNP. 2014. *Instrumen Penilaian Buku Teks Pelajaran Tahun 2014*. Jakarta: Badan Standar Nasional Pendidikan.
- [3] Hariyati, E. W., & Sakti, N. C. (2018). Pengembangan Media Pembelajaran Spinning Question Pada Kompetensi Dasar Kerja Sama Ekonomi Internasional Kelas Xi Ips Di Sma Negeri 1 Porong. *JUPE*, 6(3), 121.
- [4] M, Fathonatun Nu, Isnawati, Guntur T. 2016. Pengembangan Permainan *Question Wheel* Sebagai Media Pembelajaran Untuk Melatih Keaktifan Menjawab Dan Meningkatkan Hasil Belajar Peserta didik Pada Materi Jamur. *BioEdu: Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi* [internet]. [diunduh 2021 juli 08]; 5(3): 271-276. Tersedia pada: [file:///D:/PRISCA%20TSE%20\(PENTING\)/DAFTAR%20PUSTAKA/248727-pengembangan-permainan-question-wheel-se-4e256020.pdf](file:///D:/PRISCA%20TSE%20(PENTING)/DAFTAR%20PUSTAKA/248727-pengembangan-permainan-question-wheel-se-4e256020.pdf).
- [5] Muhson, A. (2010). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Teknologi Informasi. *Jurnal Pendidikan Akuntansi Indonesia*, 8(2). <https://doi.org/10.21831/jpai.v8i2.949>
- [6] Ristiyani, E., & Bahriah, E. S. (2016). Analisis Kesulitan Belajar Kimia Siswa Di Sman X Kota Tangerang Selatan. *Jurnal Penelitian Dan Pembelajaran IPA*, 2(1), 18. <https://doi.org/10.30870/jppi.v2i1.431>
- [7] Subakti, Hani. 2020. Hasil belajar muatan bahasa indonesia tema lingkungan sahabat menggunakan media *spinning wheel* kelas V SDN 007 Samarinda Ulu. *Disastra: Jurnal Pendidikan Bahasa dan Sastra Indonesia* [internet]. [diunduh 2021 juli 08]; 2(2):192-206. Tersedia pada: [file:///D:/PRISCA%20TSE%20\(PENTING\)/DAFTAR%20PUSTAKA/3067-9391-1-PB.pdf](file:///D:/PRISCA%20TSE%20(PENTING)/DAFTAR%20PUSTAKA/3067-9391-1-PB.pdf).
- [8] Sudjono, A. 2010. *Pengantar Statistika Pendidikan*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- [9] Sugiyono. 2015. *Metode Penelitian Kombinasi (Mix Methods)*. Bandung: Alfabeta.
- [10] Saputri, R., Nurlela, N., & Patras, Y. E. (2020). Pengaruh Berpikir Kritis Terhadap Hasil Belajar Matematika. *JPPGuseda | Jurnal Pendidikan & Pengajaran Guru Sekolah Dasar*, 3(1), 38–41. <https://doi.org/10.33751/jppguseda.v3i1.2013>
- [11] Sunaringtyas, K., Saputro, S., & Masykuri, M. (2015). Pengembangan Modul Kimia Berbasis Masalah Pada Materi Konsep Mol Kelas X Sma/Ma Sesuai Kurikulum 2013. *INKUIRI: Jurnal Pendidikan IPA*, 4(2), 36–46. <https://jurnal.uns.ac.id/inkuiri/article/view/9550>
- [12] Ulya, Ahmad Iqbalul. 2019. Pengembangan Media Pembelajaran *Game Spinning Wheel* Berbasis Model 4D Pada Materi Pelajaran Alat Panca Indera Manusia Kelas V Di Sekolah Dasar [skripsi]. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- [13] Wahono, R.S. 2006. *Aspek dan Kriteria Penilaian Media Pembelajaran*. Diakses dari : <http://romisatriawahono.net/2006/06/21/aspek-dan-kriteriapenilaian-media-pembelajaran/> pada tanggal 11 Agustus 2021.

IDENTIFIKASI METABOLIT SEKUNDER PADA SOPI PISANG KEPOK (MUSA PARADISIACA L.) YANG DIFERMENTASI DENGAN RAMUAN TRADISIONAL DESA ONI

Junarie A.Y. Bayfeto¹, Yosep Lawa², Johnson N. Naat³

^{1,2,3}Prodi Pendidikan Kimia, Universitas Nusa Cendana, Jl. Adisucipto, Kupang, Nusa Tenggara Timur, Indonesia

Email korespondensi: junarieb@gmail.com

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang Identifikasi Metabolit Sekunder pada Sopi Pisang Kepok (*Musa paradisiaca* L.) yang Difermentasi dengan Ramuan Tradisional Desa Oni. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui senyawa metabolit sekunder yang dihasilkan dari metode ekstraksi dan fermentasi pada ramuan sopi desa Oni. Pada proses ekstraksi maserasi, ramuan sopi direndam menggunakan etanol yang berasal dari pemurnian hasil fermentasi buah pisang kepok melalui tahap destilasi. Sedangkan pada fermentasi langsung dibuat campuran antara buah pisang kepok dan ramuan sopi yang disimpan selama 6 hari. Selanjutnya, kedua sampel dipekatkan dengan menggunakan rotary evaporator. Hasil evaporasi kedua sampel diidentifikasi dengan cara uji fitokimia untuk menentukan golongan senyawa metabolit sekunder yang terkandung di dalamnya menggunakan beberapa jenis pereaksi, yaitu reagen Meyer, Wagner, Shibata, Lieberman-Burchard, Aquades, dan FeCl₃. Hasil uji fitokimia membuktikan bahwa sampel ekstraksi mengandung senyawa flavonoid dan terpenoid sedangkan sampel fermentasi langsung mengandung senyawa terpenoid. Selanjutnya, identifikasi menggunakan spektrofotometer UV-vis diperoleh serapan panjang gelombang senyawa flavonoid yaitu 486 nm dengan absorbansi 0,499 dan senyawa terpenoid pada panjang gelombang 271 nm dengan absorbansi 0,400. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa senyawa metabolit sekunder dalam ramuan sopi desa Oni lebih bagus dihasilkan melalui metode maserasi daripada metode fermentasi.

Kata kunci : pisang, ramuan, ekstraksi, fermentasi, fitokimia.

ABSTRACT

It has been done Research on Identification of Secondary Metabolites in Sopi Pisang Kepok (Musa paradisiacal L.) Fermented with Traditional Herbs in Oni Village. This study aims to determine the secondary metabolite compounds produced from the extraction and fermentation method in the sopi concoction of Oni village. In the maceration extraction process, the sopi ingredients are soaked using ethanol derived from the purification of the fermented kepok banana fruit through the distillation stage. Meanwhile, in direct fermentation, a mixture of kepok bananas sopi ingredients is made which is stored for 6 day. Next, both samples were concentrated using a rotary evaporator. The results of the evaporation of the two samples were identified by means of phytochemical tests to determine the class of secondary metabolites contained in them using several types of reagents, namely meyer, wagner, shibata, Lieberman-Burchard, aquades, and FeCl₃. The results of the phytochemical test proved that the extraction sample contained flavonoid and terpenoid compounds while the direct fermentation sample contained terpenoid compounds. Furthermore, identification using UV-vis spectrophotometer obtained absorption wavelength of flavonoid compounds that is 486 nm with an absorbance of 0,499 and terpenoid compounds at a wavelength of 271 nm with an absorbance of 0,400. Thus,

it can be concluded that secondary metabolites in Oni village sopi are better produced by maceration extraction method than fermentation method.

Keyword: *banana, herb, extraction, fermentation, phytochemical.*

PENDAHULUAN

Wilayah Nusa Tenggara Timur merupakan bagian Indonesia Timur yang memiliki berbagai kearifan, salah satunya adalah budaya minum sopi sebagai bagian dari sikap saling bersilaturahmi/kebersamaan dalam adat istiadat. Sopi terbuat dari nira pohon lontar yang difermentasi. Pada pembuatannya, sopi yang sudah siap dikonsumsi sebelumnya berupa laru kemudian direndam menggunakan tanaman khusus yang biasa disebut rendaman. Contohnya, kayu laru yang berguna untuk menambah kadar alkohol pada sopi (agar sopi semakin keras). Hal tersebut dibuktikan dari hasil penelitian yang menyatakan bahwa presentasi kadar alkohol dari kombinasi antara *Saccharomyces cerevisiae* (hasil isolasi dan koleksi biakan dari mur merah dan mur putih) dengan kayu laru pada fermentasi nira lontar dan gula aer lebih tinggi yaitu laru merah 8,90%, laru putih 8,40%, sopi dari nira 23,38%, dan sopi dari gula aer 23,91% [1].

Sopi kulin dari Oni juga menggunakan ramuan tradisional berupa akar kayu merah/angsana, jagung kuning yang dibakar, kunyit, dan sereh merah yang dipakai untuk meningkatkan kualitas sopi. Berdasarkan observasi, fungsi rendaman sopi diketahui untuk meningkatkan kadar alkohol, melancarkan haid, membantu mengurangi susah tidur, dan memberikan aroma pada sopi. Menurut Dedi dan Yayuk [2], salah satu sumber pengobatan tradisional dan modern serta lebih dari 60% produk farmasetik berasal dari tumbuhan.

Tumbuhan dapat menghasilkan bahan organik sekunder (metabolit sekunder) atau bahan alami melalui reaksi sekunder dari bahan organik primer seperti karbohidrat, lemak dan protein [3]. Metabolit sekunder adalah senyawa organik yang disintesis oleh tumbuhan dan berfungsi sebagai sumber senyawa obat, digolongkan atas alkaloid, terpenoid, steroid, fenolik, flavonoid, dan saponin [4]. Uji fitokimia merupakan metode yang digunakan untuk mengetahui senyawa aktif pada tumbuhan dengan cara mengamati perubahan warna dan kelarutannya pada larutan uji menggunakan berbagai pereaksi atau perlakuan tertentu [5]. Secara kuantitatif, senyawa metabolit sekunder dapat diukur dengan spektrofotometer. Kajian tentang jenis tumbuhan dalam rendaman sopi desa Oni menyatakan terdapat senyawa metabolit sekunder yang berperan sebagai antioksidan, antiinflamasi dan antimikroba. Menurut Datta dan Detha [6], sopi juga mengandung senyawa metabolit sekunder golongan alkaloid yang memiliki kemampuan antimikrobia. Oleh karena itu, perlu dilakukan identifikasi khusus mengenai senyawa metabolit sekunder pada rendaman/ramuan sopi kulin desa Oni sehingga masyarakat dapat mengetahui manfaat ramuan sopi kulin sebagai sumber pengobatan bagi tubuh.

Masalah lain yang dihadapi ialah nira lontar yang susah diperoleh dan kenaikan harga gula aer sebagai bahan utama pengolahan sopi. Di Nusa Tenggara Timur, salah satu jenis tumbuhan yang berpotensi menghasilkan alkohol adalah buah pisang kepok (*Musa paradisiaca L.*). Pemanfaatan pisang kepok menjadi alkohol dapat dilakukan melalui proses fermentasi karena mengandung karbohidrat yang cukup tinggi. Lama fermentasi yang tepat untuk menghasilkan alkohol buah pisang kepok adalah selama 6 hari [7]. Kualitas alkohol ditentukan oleh kandungan glukosa pada substrat yang difermentasi. Selain itu, pisang kepok mudah ditemukan serta memiliki harga yang cukup murah sehingga dapat dimanfaatkan untuk memproduksi sopi.

METODE

Alat dan Bahan

Pada penelitian ini alat yang digunakan yaitu galon, ember, baskom, pisau, sendok, blender, botol plastik, botol kaca, toples kaca, corong, pengaduk, penjepit, kertas saring, kain penyaring, aluminium foil, neraca analitik, penagas bunsen, seperangkat alat destilasi, alkohol meter, erlenmeyer, gelas beker, pipet tetes, tabung reaksi dan spektrofotometer UV-vis.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: buah pisang kepok yang telah matang, ragi (*Saccharomyces cereviceae*), gula pasir, aquades, pereaksi Mayer, pereaksi Wagner, HCl pekat, asam asetat anhidrat, H₂SO₄ pekat, HCl 1 N, serbuk Mg, kertas saring, akar kayu merah (*Pterocarpus indicus*), jagung kuning (*Zea mays*), kunyit (*Curcuma logan L.*) dan sereh merah (*Cymbopogon nardus L.*).

Prosedur Kerja

1. Pembuatan bubur pisang kepok dan proses fermentasi serta destilasi.
Pisang kepok yang telah matang diambil dan dibersihkan dari kulitnya, lalu daging buah ditimbang, dipotong dadu berukuran kecil dan diblender. Diambil 100 gram ragi roti, ditambahkan gula pasir 100 gram dan dilarutkan dengan 1000 mL aquades kemudian disimpan 1 hari (strater). Dimasukkan ke dalam galon 4000 gram pisang kepok yang sudah diblender, ditambahkan 1000 mL starter dan ditambahkan 5000 mL aquades lalu difermentasi selama 6 hari. Sampel hasil fermentasi diambil sebanyak 250 mL kemudian dimurnikan melalui proses destilasi pada suhu 79° C dan ditampung destilat sebanyak 50 mL lalu diukur kadar alkoholnya dengan alcohol meter.
2. Identifikasi senyawa metabolit sekunder ramuan sopi asal desa Oni yang larut pada tahap maserasi dengan sopi hasil fermentasi pisang kepok (*Musa paradisiaca L.*).
Pada tahap maserasi yaitu ramuan sopi (200 gram akar kayu merah, 100 gram jagung kuning, 100 gram sereh merah dan 50 gram kunyit) dicampurkan dalam toples kaca dan dimaserasi menggunakan pelarut etanol pisang kepok dari hasil destilasi sebanyak 1000 mL selama 6 hari. Filtrat disaring sebanyak 2 kali, penyaringan pertama menggunakan kain untuk memisahkan filtrat dari kotoran yang berukuran besar. Setelah itu, digunakan kertas saring pada penyaringan kedua kemudian filtrat dipekatkan menggunakan rotary evaporator pada suhu 40°C (Fatmawati, 2015) untuk uji fitokimia dan identifikasi dengan spektrofotometer UV-vis.
3. Identifikasi senyawa metabolit sekunder ramuan sopi asal desa Oni yang larut pada tahap fermentasi pisang kepok (*Musa paradisiaca L.*).
Pada tahap persiapan sampel yaitu pisang kepok yang telah matang diambil dan dibersihkan dari kulitnya, lalu daging buah ditimbang, dipotong dadu berukuran kecil dan diblender. Sedangkan preparasi ramuan sopi yaitu diambil akar kayu merah (matani), jagung kuning, kunyit, dan sereh merah, dibersihkan dan dipotong kecil-kecil, dikeringkan tanpa sinar matahari langsung lalu dihaluskan menjadi serbuk. Selanjutnya, pembuatan starter yaitu diambil 100 gram ragi roti, ditambahkan gula pasir 100 gram dan aquades 1000 mL aquades dan disimpan 1 hari. Tahap fermentasi yaitu dimasukkan ke dalam galon 4000 gram bubur buah pisang kepok, ditambahkan 1000 mL starter starter dan ditambahkan 5000 mL aquades lalu difermentasi selama 6 hari. Sampel hasil fermentasi diambil sebanyak 250 mL kemudian dimurnikan melalui proses destilasi pada suhu 79° C dan ditampung destilat sebanyak 50 mL lalu diukur kadar alkoholnya dengan alcohol meter dan dievaporasi untuk tahap uji fitokimia dan identifikasi dengan spektrofotometer UV-vis.

HASIL

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui golongan senyawa metabolit sekunder yang terkandung di dalam ramuan sopi desa Oni dengan menggunakan hasil ekstraksi maserasi dan hasil destilasi sebagai pembanding. Adapun tahapan penelitian ini yaitu preparasi sampel, fermentasi, destilasi, ekstraksi maserasi, evaporasi, identifikasi menggunakan uji fitokimia dan uji UV-vis.

Tabel 1. Pembuatan sopi pisang kapok dan tahap maserasi



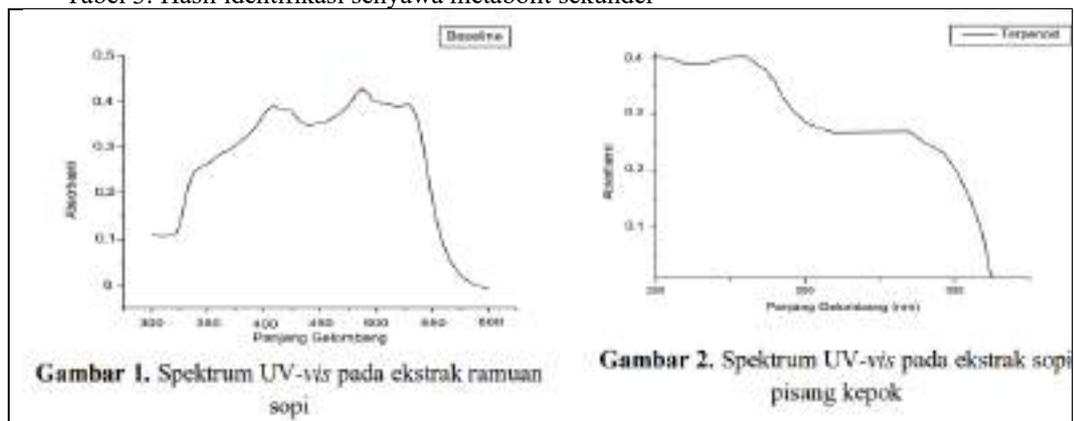


Tabel 2. Hasil uji fotokimia

Tabel 2.a. Hasil uji fitokimia pada ekstrak ramuan sopi dengan pelarut etanol dari pisang kapok					Tabel 2.b. Hasil uji fitokimia pada etanol dari fermentasi pisang kapok dengan ramuan sopi						
No.	Senyawa metabolit sekunder	Reagen	Perubahan pada tajaman pustaka	Perubahan yang diamati	Ket.	No.	Senyawa metabolit sekunder	Reagen	Perubahan pada tajaman pustaka	Perubahan yang diamati	Ket.
1.	Alkaloid	Meyer	Endapan kecoklatan	Tidak berwarna, tak ada endapan	-	1.	Alkaloid	Meyer	Endapan kecoklatan	Tidak berwarna, tak ada endapan	-
		Wagner	Endapan coklat	Tidak berwarna, tak ada endapan	-			Wagner	Endapan coklat	Tidak berwarna, tak ada endapan	-
2.	Flavonoid	Shibata	Merah atau jingga	Merah tua	+	2.	Flavonoid	Shibata	Merah atau jingga	Tidak berwarna	-
3.	Terpenoid	Lieberman-Burchard	Cincin kecoklatan atau violet	Cincin coklat kehijauan	+	3.	Terpenoid	Lieberman-Burchard	Cincin kecoklatan atau violet	Cincin kecoklatan	-
4.	Steroid	Lieberman-Burchard	Hijau kehijauan	Tidak ada perubahan warna	-	4.	Steroid	Lieberman-Burchard	Hijau kehijauan	Tidak ada perubahan warna	-
5.	Saponin	Aguades	Ada busa	Tak ada busa	-	5.	Saponin	Aguades	Ada busa	Tak ada busa	-
6.	Tannin	FeCl ₃	Hijau kehijauan atau hitam	Hitam	-	6.	Tannin	FeCl ₃	Hijau kehijauan atau hitam	Hitam	-
Keterangan: tanda (+) = terdeteksi dan tanda (-) = tidak terdeteksi					Keterangan: tanda (+) = terdeteksi dan tanda (-) = tidak terdeteksi						

Berdasarkan hasil uji fitokimia pada tabel 2.a, menunjukkan bahwa senyawa metabolit sekunder yang terkandung dalam ekstrak ramuan sopi dengan pelarut etanol dari pisang kapok (hasil maserasi) adalah flavonoid dan terpenoid. Sedangkan pada tabel 2.b, membuktikan adanya senyawa terpenoid melalui uji fitokimia senyawa metabolit sekunder untuk etanol dari fermentasi pisang kapok dengan ramuan sopi.

Tabel 3: Hasil identifikasi senyawa metabolit sekunder



Menurut Gambar 1, ditunjukkan bahwa panjang gelombang maksimum adalah 486 nm (λ_{maks}) dengan absorbansi 0,499 yang diduga sebagai senyawa flavonoid. Hasil ini sesuai literatur yang menyatakan adanya senyawa flavonoid pada kisaran panjang gelombang 465-560 nm (Delgado et al., 2000) dan pada daerah spektrum tampak memiliki pita serapan dari rentang 475-550 nm (Harborne, 1996). Identifikasi ini juga didukung dengan nilai absorbansi yang tinggi. Sedangkan hasil analisis dengan spektrum UV-vis terhadap ekstrak sopi pisang kepok berdasarkan Gambar 2, diperoleh serapan maksimum pada panjang gelombang 271 nm (λ_{maks}) dengan absorbansi 0,400 yang diduga mengandung senyawa terpenoid. Hasil tersebut sesuai dengan literatur bahwa senyawa terpenoid memiliki pita serapan maksimum pada panjang gelombang UV 200-350 nm (Illing et al., 2017).

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat disimpulkan bahwa senyawa metabolit sekunder yang terlarut dari ramuan tradisional desa Oni pada proses fermentasi pembuatan sopi pisang kepok melalui uji fitokimia adalah senyawa terpenoid dan flavonoid, serta teridentifikasi dengan spektrum UV-vis diperoleh senyawa flavonoid. Sedangkan senyawa metabolit sekunder yang terlarut dari ramuan tradisional desa Oni pada destilasi dari hasil fermentasi sopi pisang kepok melalui uji fitokimia dan uji dengan spektrum UV-vis yaitu senyawa terpenoid.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Banoet, R., I.M, S., & Wirya, A. (2016). Manfaat Beberapa Jenis Mikroba Yang Diisolasi Dari Kayu Laru (*Peltophorum pterocarpum.*) dan Mur Sebagai Starter Dalam Pembuatan Laru dan Sopi Di Pulau Timor. *Agric. Sci. and Biotechnol*, 5(1), 39–48.
- [2] Kusbiantoro, & Purwaningrum, D. (2018). Pemanfaatan kandungan metabolit sekunder pada tanaman kunyit dalam mendukung peningkatan pendapatan masyarakat Utilization of secondary metabolite in the turmeric plant to increase community income. *Jurnal Kultivasi*, 17(1), 544–549.
- [3] Purwantini, I., Setyowati, P. E., & Hertiani, T. (2002). Uji Toksisitas Ekstrak Etanol : Buah, Biji, Daun Mahkota Dewa (*Phaleria macrocarpa* (Scheff.) Boerl .) Terhadap *Artemia salina* Leach Dan Profil Kromatografi Lapis Tipis Ekstrak Aktif. *Majalah Farmasi Indonesia*, 13(2), 101–106.
- [4] Mainawati, D., Brahmana, E. M., & Mubarrak, J. (2017). Uji Kandungan Metabolit Sekunder Tumbuhan Obat yang Terdapat di Kecamatan Rambah Samo Kabupaten Rokan Hulu. *Jurnal Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan Universitas Pasir Pengaraian*.
- [5] Lusyani. (2010). Uji Fotokimia Akar Bamban (*Donax cannaeformis*) Sebagai Bahan Baku Kerajinan Anyaman. *Jurnal Fakultas Kehutanan Universitas Lambung*, 11(29), 24–31.
- [6] Detha, A., & Datta, F. U. (2016). Skrining Fitokimia Minuman Tradisional Moke dan Sopi sebagai Kandidat Antimikroba (Phytochemical of Sopi and Moke as a Potential Antimicrobial Agent). *Jurnal Kajian Veteriner*, 4, 5–11.

- [7] Beda, Y. (2016). Pengaruh Volume Starter dan Waktu Fermentasi pada Pembuatan Alkohol Buah Pisang Kepok (*Musa Paradisiaca*, L) Asal Timor. Skripsi Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan Universitas Nusa Cendana, 1–23.
- [8] Harbone. (1987). Metode Fotokimia: Penuntun Cara Modern Menganalisis Tumbuhan. Edisi 1. Terjemahan Kosasih Padmawinata dan Iwang Soediro. ITB. Bandung.
- [9] Harbone, J. 1996. Metode Fitokimia: Penuntun Cara Modern Menganalisis Tumbuhan. Edisi II. Terjemahan Kosasih Padmawinata dan Iwang Soediro. ITB. Bandung.
- [10] Yulianti, R. (2013). Standardisasi Ekstrak Etanol Daun Angsana (*Pterocarpus Indicus* Willd). In Uin Syarif hidayatullah Jakarta.