



Kampus
Merdeka
INDONESIA JAYA

PROSIDING

SEMINAR NASIONAL KIMIA DAN PENDIDIKAN KIMIA #2

Prof. Dr. S. Loni, M.Pd.
"Membangun Negeri dari Sekolah"

"Peran Strategis Kimia Dan Pendidikan Kimia Terhadap Pengembangan Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Dalam Revolusi 4.0 Di Era New Normal"

11 DESEMBER 2021



Penerbit
FMIPA
Universitas Negeri Medan

ISBN: 978-602-9115-73-4

Prosiding

Seminar Nasional Kimia Dan Pendidikan Kimia #2

"Peran Strategis Kimia Dan Pendidikan Kimia Terhadap Pengembangan Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Dalam Revolusi 4.0 Di Era New Normal"

Diselenggarakan oleh:
Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Medan

Gedung Syawal Gultom Lt. 3
FMIPA UNIMED
(Virtual Conference)

11 Desember 2021

THE
Character Building
UNIVERSITY



Prosiding

Seminar Nasional Kimia Dan Pendidikan Kimia #2

Penanggung Jawab :

Prof. Dr. Fauziah Harahap, M.Si
Dr. Jamalum Purba, M.Si
Dr. Ayi Darmana, M.Si

Dewan Redaksi :

Dr. Ani Sutiani, M.Si
Drs. Jasmidi, M.Si
Dr. Zainuddin Muchtar, M.Si
Dr. Ahmad Nasir Pulungan, M.Sc

Reviewer :

Prof. Manihar Situmorang, M.Sc, Ph.D
Prof. Dr. Retno Dwi Suyanti, M.Si
Prof. Dr. Ida Duma Riris, M.Si
Prof. Dr. Ramlan Silaban, MS
Dr. Asep Wahyu Nugraha, M.Si
Dr. Iis Siti Jahro, M.Si
Dr. Destria Roza, M.Si
Dr. Junifa Laila Sihombing, M.Sc
Dr. Lisnawaty Simatupang, M.Si
Dr. Herlinawati, M.Si
Nora Susanti, S.Si., Apt., M.Sc
Moondra Zubir, Ph.D

Editor :

Haqqi Annazili Nasution, S.Pd., M.Pd
Ricky Andi Syahputra, S.Pd., M.Sc
Feri Andi Syuhada, S.Pd., M.Pd
Susilawati Amdayani, S.Si., M.Pd
Siti Rahmah, S.Pd., M.Sc

Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Medan
Jl. Willem Iskandar Psr. V Medan Estate, Medan 20221



SUSUNAN KEPANTIAN

SEMINAR NASIONAL KIMIA DAN PENDIDIKAN KIMIA#2

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Medan

11 Desember 2021

PEMBINA

Dekan FMIPA UNIMED : **Prof. Dr. Fauziyah Harahap, M.Si**

PENGARAH

Wakil Dekan 1 FMIPA UNIMED : **Dr. Jamalum Purba, M.Si**

Wakil Dekan 2 FMIPA UNIMED : **Dr. Ani Sutiani, M.Si**

Wakil Dekan 3 FMIPA UNIMED : **Dr. Rahmatsyah, M.Si**

PENANGGUNGJAWAB

Ketua Jurusan KIMIA UNIMED : **Dr. Ayi Darmana, M.Si**

WAKIL PENANGGUNGJAWAB

Sekretaris Jurusan KIMIA UNIMED : **Drs. Jasmidi, M.Si**

KETUA

Dr. Ahmad Nasir Pulungan, S.Si., M.Sc

SEKRETARIS

Haqqi Annazili Nasution, S.Pd., M.Pd

BENDAHARA

Susilawati Amdayani, S.Si., M.Pd

SEKSI IT, WEB DAN PUBLIKASI

1. **Dr. Zainuddin M, M.Si (Koordinator)**
2. Siti Rahmah, S.Pd., M.Sc
3. Ricky Andi Syahputra, S.Pd., M.Sc

SEKSI ACARA DAN PRESENTASI

1. **Moondra Zubir, M.Si., Ph.D (Koordinator)**
2. Makharany Dalimunthe, S.Pd., M.Pd

SEKSI ABSTRAK, DAN MAKALAH

1. **Dr. Lisnawaty Simatupang, M.Si (Koordinator)**
2. Dr. Herlinawati, M.Si
3. Muhammad Isa Siregar, S.Si., M.Pd

SEKSI ADMINISTRASI DAN KESEKRETARIATAN

1. **Dr. Destria Roza, M.Si (Koordinator)**
2. Nora Susanti, S.Si., M.Sc., A.Pt

SEKSI BIDANG PERLENGKAPAN DAN DOKUMENTASI

1. **Risdo Gultom, S.Pd., M.Pd (Koordinator)**
2. Feri Andi Syuhada, S.Pd., M.Pd

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT Tuhan Yang Maha Esa, karena atas Karunia dan Rahmat-Nya Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia#2 yang telah diselenggarakan oleh Jurusan Kimia FMIPA UNIMED pada tanggal 11 Desember 2021 melalui *Virtual Conference* dapat diselesaikan. Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam penyusunan prosiding ini.

Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia adalah seminar tahunan yang diselenggarakan oleh Jurusan Kimia Unimed. Pada Seminar ke dua ini mengambil tema “**Peran Strategis Kimia Dan Pendidikan Kimia Terhadap Pengembangan Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Dalam Revolusi 4.0 Di Era New Normal**”. Melalui kegiatan seminar ini berbagai hasil penelitian, ide dan pemikiran peneliti di bidang kimia, praktisi kimia dan pendidikan kimia telah dipresentasikan.

Prosiding ini memuat karya tulis terdiri dari berbagai hasil penelitian dalam bidang kimia dan pendidikan kimia. Makalah yang dimuat dalam prosiding ini meliputi makalah dari *keynote dan invited speaker*, makalah dari pemalakah utama dari bidang Kimia meliputi sub bidang Kimia Analitik, Kimia Orgnik dan Anorganik, Kimia Fisik dan Polimer, Biokimia dan Bioteknologi dan makalah utama Pendidikan Kimia.

Semoga penerbitan prosiding ini dapat bermanfaat baik untuk kalangan kimiawan, pengguna ilmu kimia dan pemerhati pendidikan kimia maupun pembaca lainnya dalam pengembangan penelitian dimasa akan datang. Akhir kata kepada semua pihak yang telah membantu, kami ucapkan terima kasih.

Medan, Juli 2022

Tim Editor

THE
Character Building
UNIVERSITY

SAMBUTAN KETUA PANITIA

Assalaamu'alaikum warahmatullahi wabarakaatuh,

Selamat pagi dan salam sejahtera untuk kita semua.

Pertama-tama marilah kita panjatkan puji syukur ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga pada pagi hari ini kita dapat berkumpul untuk mengikuti acara Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia#2 Jurusan kimia FMIPA UNIMED dengan tema “Peran Strategis Kimia dan Pendidikan Kimia Terhadap pengembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi dalam Revolusi Industri 4.0 di Era New Normal”. Dengan menghadirkan Dr. Harry Firman, M.Pd (UPI), Prof. Dr. Karna Wijaya, M.Eng (UGM), Dr. Asep Wahyu Nugraha (UNIMED) sebagai *keynote speaker* dan Drs. Zulfan Mazaimi, M.Pd (Ketua PPSKI-Sumut), Dr. Eng. Yulia Eka Putri (Unand) dan Dr. Vivi Purwandari (Universitas Sarimutiara Indonesia) sebagai *invited speaker*.

Seminar Nasional ini diselenggarakan dengan tujuan untuk: 1) Mengkomunikasikan dan memfasilitasi interaksi professional antar komunitas kimia dan pendidikan Kimia di Indonesia untuk saling berbagai informasi dan 2) Meningkatkan kerjasama antara para pendidik, peneliti dan praktisi. Kegiatan Seminar Nasional ini diharapkan dapat menjadi forum pertemuan antara ilmuwan peneliti dalam bidang kimia, praktisi kimia, dan pendidikan kimia, serta *stake holder* lainnya untuk bekerjasama dan sharing terkait peran Strategis kimia dan pendidikan kimia Terhadap pengembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi dalam Revolusi Industri 4.0 di Era New Normal. Untuk mencapai tujuan tersebut, kami panitia telah mengundang Dosen, peneliti, pendidik, mahasiswa dan pemerhati dalam bidang kimia dari berbagai instansi di wilayah tanah air. Undangan tersebut telah ditanggapi oleh registrasi peserta sebanyak 150 orang peserta dari berbagai kalangan dan wilayah Ujung Timur sampai Barat Indonesia dengan 86 peserta akan mempersentasikan makalahnya.

Akhir kata Kami panitia menyampaikan terimakasih kepada *keynote speaker* dan *invited speaker*, peserta dan pemakalah, juga segenap undangan kami atas peran sertanya dalam seminar ini. Panitia telah berusaha untuk mempersiapkan seminar ini dengan sebaik-baiknya, namun kami meminta maaf apabila terdapat kekurangan dalam pelayanan kami Kami. Kiranya kegiatan seminar nasional ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakaatuh

Medan, 11 Desember 2021
Ketua Panitia ,

Dr. Ahmad Nasir Pulungan, M.Sc
NIP. 198106182012121005

SAMBUTAN KETUA JURUSAN

Assalaamu'alaikum warahmatullahi wabarakaatuh,

Selamat pagi dan salam sejahtera untuk kita semua.

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga kita dapat mengikuti acara Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia#2 Jurusan kimia FMIPA UNIMED. Kami mengucapkan selamat datang kepada seluruh peserta seminar dan semoga kegiatan seminar ini dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan ilmu Kimia dan Pendidikan Kimia. Kegiatan Seminar ini juga diharapkan dapat menjadivadah bagi ilmuwan peneliti dalam bidang kimia, praktisi kimia, dan pendidikan kimia, serta *stake holder* lainnya untuk bekerjasama dan sharing terkait peran Strategis kimia dan pendidikan kimia Terhadap pengembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi dalam Revolusi Industri 4.0 di Era New Normal.

Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia#2 tahun 2021 ini bertema” peran Strategis kimia dan pendidikan kimia Terhadap pengembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi dalam Revolusi Industri 4.0 di Era New Normal” Dengan menghadirkan Dr. Harry Firman, M.Pd (UPI), Prof. Dr. Karna Wijaya, M.Eng (UGM), Dr. Asep Wahyu Nugraha (UNIMED) sebagai *keynote speaker* dan Drs. Zulfan Mazaimi, M.Pd (Ketua PPSKI-Sumut), Dr. Eng. Yulia Eka Putri (Unand) dan Dr. Vivi Purwandari (Universitas Sarimutiara Indonesia) sebagai *invited speaker*. Penyelenggaraan seminar nasional ini begitu penting bagi kami Jurusan Kimia FMIPA UNIMED dalam rangka meningkatkan peran serta mahasiswa dan dosen dalam kegiatan pertemuan ilmiah dan publikasi yang akan menunjang pada akreditasi Jurusan Kimia FMIPA UNIMED.

Saya selaku ketua Jurusan Kimia FMIPA UNIMED mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh panitia yang telah bekerja keras untuk terselenggarakannya kegiatan seminar ini. Akhir kata, semoga apa yang menjadi tujuan dan harapan pada kegiatan Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia ini dapat terwujud serta dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakaatuh.

Medan, 11 Desember 2021
Ketua Jurusan FMIPA UNIMED

Dr. Ayi Darmana, M.Si
NIP. 196608071990101001

SAMBUTAN DEKAN

Assalamualaikum..W.Wbr.....Salam Sejahtera bagi kita semua,

Puji syukur kehadiran Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa berkat rahmat dan karuniaNya kita dapat mengikuti kegiatan Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia#2 yang diselenggarakan oleh Jurusan Kimia FMIPA UNIMED. Kegiatan Seminar ini menghadirkan *keynote speaker* Dr. Harry Firman, M.Pd (UPI), Prof. Dr. Karna Wijaya, M.Eng (UGM), Dr. Asep Wahyu Nugraha (UNIMED), dan *invited speaker* Drs. Zulfan Mazaimi, M.Pd (Ketua PPSKI-Sumut), Dr. Eng. Yulia Eka Putri (Unand) dan Dr. Vivi Purwandari (Universitas Sarimutiara Indonesia). Kami mengucapkan selamat datang kepada seluruh peserta seminar dan semoga kegiatan ini memberikan kontribusi positif bagi pengembangan Ilmu Kimia dan Pendidikan kimia.

Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia Jurusan Kimia FMIPA UNIMED telah ditetapkan sebagai kegiatan rutin yang diselenggarakan setiap tahunnya. Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan kimia#2 tahun 2021 ini mengangkat tema “ Peran Strategis Kimia dan Pendidikan Kimia terhadap Pengembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi dalam Revolusi Industri 4.0 di Era New Normal”. Meski kita saat ini masih belum keluar dari masa pandemik CoVID-19, namun perkembangan teknologi yang begitu pesat di era industri 4.0 telah melahirkan peluang dan tantangan baru. Karenanya penelitian dalam bidang Kimia dan teknik pembelajarannya harus dapat berkontribusi pada peningkatan dan pengembangan ketrampilan digital (ICT) dalam proses pembelajaran, dan juga mampu mengintegrasikan teknologi tersebut dalam kegiatan penelitian dilaboratorium kimia. Peningkatan dan pengembangan tersebut tentu saja baik ditinjau dari sisi materi, teknologi pembelajaran, kegiatan penelitian, dan pembentukan karakter. Melalui kegiatan Seminar Nasional ini, Kami berharap bapak/ibu dapat bertukar pikiran untuk dapat mensinergikan hasil-hasil penelitian dikampus dengan kebutuhan masyarakat dan kolaborasi dengan stakeholder dan industri dalam rangka menterjemahkan tema diatas.

Akhir kata, Kami mengucapkan terimakasih kepada seluruh panitia yang telah bekerja keras untuk terselenggaranya kegiatan seminar ini.

Medan, 11 Desember 2021
Dekan FMIPA UNIMED

Prof. Dr. Fauziyah Harahap, M.Si
NIP. 1966072811991032002

DAFTAR ISI

SUSUNAN KEPANITIAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
SAMBUTAN KETUA PANITIA	v
SAMBUTAN KETUA JURUSAN	vi
SAMBUTAN DEKAN	vii
DAFTAR ISI	viii

Keynote & Invited Speaker

<i>Pendidikan Kimia 4.0</i> Harry Firman	1-7
<i>Riset Inovasi Nanomaterial Untuk Pembangunan Berkelanjutan</i> Karna Wijaya	8-10
<i>Penentuan Karakteristik Transisi Spin Pada Kompleks $[Fe_4(Htrz)_{10}(Trz)_5]Cl_3$ Menggunakan Perhitungan Kimia Komputasi Dengan Berbagai Fungsi/ Basis Set</i> Asep Wahyu Nugraha, Ani Sutiani, Muhamad A Martoprawiro dan Djulia Onggo.....	11-17
<i>SrTiO₃ Nanokubus: Material Penghasil Energi Listrik Alternatif (Termoelktrik)</i> Yulia Eka Putri, dkk.....	18-18
<i>Karakteristik Grafena dari Limbah Padat Kelapa Sawit</i> Vivi Purwandari	19-23
<i>Implementasi Pembelajaran Stem Berbasis Lingkungan Dalam Meningkatkan Penguasaan Konsep Sistem Koloid, Aktivitas Dan Kreativitas Peserta Didik SMAN. 2 Rantau Utara</i> Zulfan Mazaimi, Irma Sary, Fitriana Ritonga	24-31

Makalah Kimia

<i>Studi Awal Konversi Limbah Pelepah Kelapa Sawit Menjadi Bio-Oil Dengan Teknik Semi Fast Pyrolysis sebagai Sumber Bahan bakar Alternatif</i> Muhammad Irvan Hasibuan, dkk.....	32-38
<i>Review Artikel: Studi Potensi Biomassa Menjadi Bio-Oil Menggunakan metode Pirolisis sebagai sumber Energi Baru Terbaharukan</i> Hana Ria Wong, Muhammad Irvan Hasibuan, Agus Kembaren, Ahmad Nasir pulungan, Junifa Layla Sihombing.....	39-46
<i>Pengaruh Penambahan Cellulose Nanocrystal (CNC) Dari Kulit Durian Durio Zibethinus Murr Terhadap Karakteristik Bionanocomposite Edible Film Berbasis Gelatin</i> Yahya Indahsya, I Gusti Made Sanjaya.....	47-57
<i>Grafting Nanokomposit Karbon Nanotube Kitosan</i> Masdania Zurairah Siregar, Vivi Purwandari, Rahmad Rezeki.....	58-62
<i>Permodelan Molekul Senyawa Turunan 2-Aminokalkon Dengan Substitusi Pada Cincin B Sebagai Agen Antikanker</i> Sya sya Azzaythounah, Tico Guinnessha Samosir, Destria Roza.....	63-70
<i>Analisa Termal Bioplastik Dengan Bahan Pengisi Ekstrak Rambut Jagung</i> A Zukhruf Akbari, M Zaim Akbari, Gimelliya Saraih , Vivi Purwandari.....	71-74

<i>HKSA Antikanker Turunan 4-Aminochalcon Terhadap HeLa Dengan Metode Semiempiris CNDO Dan Regresi Linear</i> Alfrindah Priscilla Br. Simanjuntak dan Destria Roza.....	75-81
<i>Kajian Senyawa Kb Sebagai Kanker Nasofaring Epidermoid Menggunakan Metode CNDO (Hyperchem) Dan Regresi Linear (SPSS)</i> Hidayani dan Destria Roza	82-88
<i>Pemurnian Sulfur Dengan Proses Sublimasi</i> Hammid Al Farras , Felix Valentino Sianturi	89-92
<i>Penentuan Kandungan Antioksidan Total dari Infusa Bayam Hijau (Amaranthus Hybridus L.) Hidroponik dan Konvensional dengan Metode MPM</i> Yefrida, Widuri Rosman dan Refilda	93-98
<i>Docking Molekular Potensi Anti Inflamasi Protein Iq5 dengan Senyawa Turunan Kurkumin</i> Nurul Hidayah, Ruth Yohana Saragih, Destria Roza	99-103
<i>Pengaruh Ekstrak Etanol Daun Sarang Banua (Clerodendrum fragran Vent Willd) Terhadap Kadar Triglycerida Serum Tikus Yang Diberi Pakan Tinggi Lemak</i> Yohana Stefani Manurung dan Murniaty Simorangkir	104-109
<i>Hubungan Kuantitatif Struktur dan Aktivitas Senyawa Turunan 4-Aminochalcone terhadap Human T-Leukimia (CEM)</i> Hasri Tri Maya Saragih, dan Destria Roza.....	110-114
<i>ReNyirih: INOVASI EKSTRAK KINANG BERBASIS SOCIOPRENEUR</i> Sri Adelila Sari, Elva Damayanti Lubis, Syafira Fatimah Rizqi, Yulia Ayu Utami Tarigan, DwiAntika Br, Nasution, Eny Setiadi Saragih	115-119
<i>Review Artikel: Karakterisasi dan Aktivitas Lisozim serta Aplikasinya sebagai Antibakteri</i> Agustin Dwi Ayuningsih dan Mirwa Adiprahara Anggarani	120-125
<i>HKSA Senyawa Turunan Metoksi-Aminokalkon Terhadap Murine Leukemia (L1210) Menggunakan Metode Semiempiris CNDO Dan Regresi Linear</i> Elfrida Siregar dan Destria Roza	126-132
<i>Hubungan Kuantitatif Stuktur-Aktivitas Senyawa Turunan Aminokalkon Pada Sel Murine Mammary Carcinoma (FM3A) Menggunakan Metode CNDO (Hyperchem) Dan Regresi Linear (SPSS)</i> Suria Bersinar Siahaan1 Destria Roza	133-139
<i>Analysis Of Crude Protein (PK) , Carbohydrate And Moisture Content (KA) Levels In Fresh Leaves Of Guatemala Grass (Tripsacum laxum) In The Low Plants, Secanggang District Langkat District</i> Nur Asyiah Dalimunthe dan Muhammad Usman	140-143
<i>Uji Efektivitas Antibakteri Nanogel Bahan Aktif Ekstrak Kayu Manis (Cinnamomum Burmannii) Terhadap Staphylococcus aureus</i> Hestina, Erdiana Gultom, Vivi Purwandari	143-149
<u>Makalah Pendidikan Kimia</u>	
<i>Analisis Media Pembelajaran di SMA Swasta Kwala Begumit Kelas XI Kota Binjai Pada Masa Pandemi Covid19</i> Elsa Febrina Tarigan, Nurfajriani, Zainuddin Muchtar.....	150-154
<i>Pengembangan Lembar Kerja Siswa (LKS) Elektronik Berbasis Android Dengan Pendekatan Contextual Teaching And Learning (CTL) Pada Materi Termokimia</i> Azizah Hawanif dan Feri Andi Syuhada	155-164

<i>Pengembangan Lembar Kerja Siswa (LKS) Dengan Menggunakan Pendekatan Kontekstual Berbasis Multiple Representasi Pada Materi Laju Reaksi</i> Nurul Huda dan Feri Andi Syuhada	165-172
<i>Pengembangan Instrument Asessment Higher Order Thinking Skill (HOTS) Untuk Mengukur Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi Pada Materi Hidrolisis Garam</i> Alfi Rizkina Lubis, Ajat Sudrajat, Asep Wahyu Nugraha	173-181
<i>Analisis Model Rasch: Identifikasi Instrumen Tes Representasi Kimia Topik Materi Berdasarkan Kurikulum Cambridge</i> Mufti Muhammad Hamzah, E Eliyawati, Rika Rafikah Agustin	182-188
<i>Pengaruh Media Physics Education Technology (PhET) Terhadap Aktivitas Dan Hasil Belajar Siswa Pada Materi Bentuk Molekul</i> Suci Setia Crise Manullang, Lisnawaty Simatupang	189-195
<i>Pengaruh Macromedia Flash Berbasis Model Problem Based Learning Terhadap Motivasi dan Hasil Belajar Siswa SMA pada Materi Laju Reaksi Inki</i> Yun Lamtiur dan Lisnawaty Simatupang	196-200
<i>Pengaruh Penggunaan Media Pembelajaran Kimia Interaktif iSpring Presenter terhadap Hasil Belajar dan Motivasi Siswa pada Materi Laju Reaksi</i> Yoshe Vego Passarella Simarmata dan Ida Duma Riris	201-211
<i>Validasi dan Respon Media Video Animasi (PowToon) Berbasis Religius Pada Pembelajaran Ikatan Kimia</i> Ade Kurnia Putri Tanjung dan Ayi Darmana	212-218
<i>Pengembangan Model Pembelajaran Inovatif Berbasis Proyek Berorientasi Kkni Untuk Meningkatkan Kompetensi Mahasiswa</i> Bajoka Naingolan, Manihar Situmorang, Ramlan Silaban	219-229
<i>Pengembangan Sumber Belajar Inovatif Berbasis Proyek Untuk Materi Isolasi Senyawa Organik Bahan Alam Dalam Menghadapi Era New Normal</i> Dessy Novianty Pakpahan, Marham Sitorus, dan Saronom Silaban	230-235
<i>Implementasi Asesmen Kompetensi Minimum Materi Asam Basa Konteks Sainifik</i> Izza Nabilatunnisa, Wiwi Siswaningsih, Nahadi	236-244
<i>Pengaruh Model Pembelajaran Problem Based Learning Menggunakan Macromedia Flash Terhadap Aktivitas Dan Hasil Belajar Ikatan Kimia</i> Siswa Cessya Novianindra Br Tarigan dan Gulmah Sugiharti	245-251
<i>Validitas Tes Diagnostik untuk Materi Pembelajaran Ikatan Kimia SMA</i> Winda Fourthelina Sianturi dan Zainuddin Muchtar	252-256
<i>Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Berbasis Discovery Learning Pada Materi Asam Basa</i> Eratania Surbakti, Makharany Dalimunthe	257-267
<i>Analisis Kebutuhan Bahan Ajar Kimia Koloid Berbasis Online untuk Siswa SMA</i> Elssya Dwi Imanuella Manullang, Ramlan Silaban	268-273
<i>Pengaruh Penggunaan Media Webblog Terhadap Motivasi Dan Hasil Belajar Siswa Sma Pada Materi Ikatan Kimia</i> Febiola Rohani Marpaung dan Murniaty Simorangkir	274-279
<i>Validitas dan Reliabilitas Instrumen Penelitian Tes dan Non Tes Pada Materi Laju Reaksi</i> Freshya Sionitha Sembiring dan Haqqi Annazili Nasution	280-284
<i>Analisis Kebutuhan Media Pembelajaran Kimia Berbasis Komputer Untuk Mengajarkan Laju Reaksi Pada Siswa SMA</i>	

Julianse Lydia Nababan dan Ramlan Silaban	285-290
<i>Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Android pada Materi Ikatan Kimia</i>	
Sabrina Khairani Hasibuan dan Destria Roza	291-297
<i>Pengembangan Bahan Ajar Kontekstual Berbasis Evaluasi HOTS Untuk Meningkatkan Hasil Belajar dan Nilai Karakter Siswa Pada Materi Asam Basa di SMA N 4 Pematang Siantar</i>	
Frida Claudia Sianipar dan Marham Sitorus	298-308
<i>Pengembangan E-Modul Pembelajaran Pada Pembuatanbriket Limbah Kulit Durian Dan Sabut Kelapa Pada Materi Senyawa Hidrokarbon Kelas XI</i>	
Dessy Agustina, Julia Maulina, Hasrita Lubis	309-315
<i>Pengembangan Bahan Ajar Berbasis Problem Based Learning (PBL) Pada Materi Ikatan Ion Dan Kovalen Untuk Kelas X</i>	
Ayu Inggrias Tuty dan Jamalum Purba	316-322
<i>Pengembangan Bahan Ajar Berbasis Project Based Learning (PjBL) Pada Materi Ikatan Ion Dan Kovalen Untuk Kelas X</i>	
Else R Sigalingging dan Jamalum Purba	323-327
<i>Pengembangan Media Pembelajaran Terintegrasi Scrabble Berbasis Android Pada Materi Senyawa Hidrokarbon Kelas XI</i>	
Elmirawanti Sihite dan Nora Susanti	328-334
<i>Implementasi Animasi Flash Terhadap Aktivitasdan Hasil Belajar Siswa Pada Materi Ikatan Kimia</i>	
Elsima Nainggolan dan Nora Susanti	335-341
<i>Analisis Respon Siswa Terhadap Aplikasi Daringsebagai Sumber Dan Media Belajar Alternatif Pada Mata Pelajaran Kimia Selama Pandemi</i>	
Jumasari Siregar dan Nurfajrian	342-345
<i>Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Android dengan menggunakan Software Construct 2 pada Materi Laju Reaksi</i>	
Natalin Pertiwi Siahaan dan Nora Susanti	346-350
<u>Makalah Poster</u>	
<i>Hubungan Kuantitatif Struktur Aktivitas (Hksa) Dan Docking Molekuler Senyawaturunan 2-Aminokalkon Sebagai Obat Antikanker Tulang</i>	
Tico Guinnessha S, Rissah Maulina, SyaSya Azzaythounah, Lidia Mutia Sari, DestriaRoza	351-356
<i>Doking Molekular Potensi Antikanker Leukemia Protein P388 Dengan Senyawa Turunan Chalcone</i>	
Nadia Givani Br Hotang dan Destria Roza	357-361
<i>Analisis Hubungan Kuantitatif Struktur dan Aktivitas (HKSA) Senyawa Turunan 4- Aminochalcone sebagai Antikanker Radikal Hidroksil</i>	
Indah Fitri dan Destria Roza	362-368
<i>Studi Molecular Docking Senyawa Antosianidin Dari Ekstrak Buah Jamblang (Syzygium cumini) Sebagai Senyawa Anti-Tumor Secara In Silico</i>	
Dea Gracella Siagian dan Destria Roza	369-374
<i>Docking Molekular Potensi Antikanker Payudara Protein3ert Dengan Senyawa Turunan Kuinin</i>	
Ruth Yohana Saragih, Nurul Hidayah, Destria Roza	375-381
<i>Studi In Silico Potensi Senyawa Asam Askorbat Sebagai Anti Kanker Hati</i>	
Nia Veronika dan Destria Roza	382-386

<i>Analisis In-Silico Senyawa Aktif Flavonoid Tanaman Kelor Sebagai Inhibitor Main Protease SARS-CoV-2 Melalui Metode Molecular Docking</i> Saud Salomo dan Destria Roza	387-395
<i>Analisis Hubungan Kuantitatif Struktur-Aktivitas (HKSA) Senyawa Turunan 4- Aminochalcone Sebagai Anti Leukemia Murine (L1210)</i> Wirna Dewi Zebua dan Destria Roza	396-403
<i>Docking Senyawa Kalkon Terhadap Reseptor Estrogen-Q (IQKM) Sebagai Antikanker Payudara</i> Cindy Agnesia dan Destria Roza	404-407
<i>Uji Docking Senyawa Alkaloid Quinolizidine dan Analognya Sebagai Inhibitor Reseptor Estrogen pada Kanker Payudara</i> Indira Aviza, Anggita Leontin Sitorus, Destria Roza	408-415
<i>Uji Docking Senyawa Alkaloid Piperidine dan Analognya Sebagai Inhibitor Reseptor Estrogen pada Kanker Payudara</i> Anggita Leontin Sitorus, Indira Aviza, Destria Roza	416-423
<i>Studi Docking Molekuler Senyawa Turunan Kurkuminoid Pada Kunyit (Curcuma longa Linn.) Sebagai Inhibitor Protein Kinase Mek1 Sel Kanker Otak Dengan Autodock</i> Vina Nadia Agnes Cantika Nadeak dan Destria Roza	424-430
<i>Docking Ligan Anti Kanker Prostat dengan Ligan Pembanding Senyawa Turunan Asam Galat Menggunakan Autodock 4.2 dan Discovery Studio</i> Astri Devi Br Pakpahan dan Destria Roza	431-439
<i>Docking Molekuler Potensi Senyawa 2,6-Dimethylocta-3,5,7-Trien-2-Ol Terhadap Senyawa 4l10 Anti Kanker Paru</i> Yohansen Wahyudi dan Destria Roza	440-444
<i>Docking Molekuler Potensi Antikanker Payudara Protein Iyc4 Dari Senyawa Turunan Kuersetin</i> Depi Irnasari Sipahutar dan Destria Roza	445-449



Review Artikel: Studi Potensi Biomassa Menjadi Bio-Oil Menggunakan Metode Pirolisis sebagai Energi Baru Terbarukan

Hana Ria Wong^{1*}, Agus Kembaren², Muhammad Irvan Hasibuan², Ahmad Nasir Pulungan², Junifa Layla Sihombing²

¹Mahasiswa Program Studi Kimia, Universitas negeri Medan,
Jl. Willem Iskandar Psr. V, Medan

²Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Medan
Jl. Willem Iskandar Psr. V, Medan

*Email korespondensi: kembarenagus@gmail.com

Abstrak

Bahan bakar minyak berasal dari minyak bumi yang merupakan energi tak terbarukan, sehingga cepat atau lambat ketersediaannya pasti akan habis seiring dengan pesatnya perkembangan industri yang menyebabkan meningkatnya kebutuhan bahan bakar. Biomassa menjadi perhatian khusus sebagai salah satu sumber energi terbarukan untuk mengatasi krisis energi saat ini. Kandungan biomassa hemiselulosa, selulosa, dan lignin dan sejumlah kecil spesies organik dan anorganik lainnya tergantung pada jenis biomassa. Oleh karena itu, biomassa berpotensi dikembangkan untuk diubah menjadi produk bio-oil sebagai bahan baku energi alternatif yang ramah lingkungan dan berkelanjutan melalui dekomposisi termal atau pirolisis. Potensi sebagai bahan bakar pengganti minyak bumi juga harus diimbangi dengan produksi yang cepat dan efisien, produksi bio-oil dapat dimaksimalkan dengan pengolahan reaktor dan suhu optimal yang digunakan.

Keywords : Bahan Bakar, Biomassa, Pirolisis

Abstract

Fuel oil comes from petroleum which is non-renewable energy, so sooner or later its availability will definitely run out following the rapid development of the industry causing fuel needs. Biomass is of particular concern as one of the renewable energy sources to overcome the current energy crisis. The biomass content of hemicellulose, cellulose, and lignin and a small number of other organic and inorganic species depends on the type of biomass. Therefore, biomass has the potential to be developed to be converted into bio-oil products as an alternative energy raw material that is environmentally friendly and sustainable through thermal decomposition or pyrolysis. The potential as a substitute fuel for replace petroleum must also be balanced with fast and efficient production, bio-oil production can be maximized by reactor processing and optimum temperature used.

Keywords: Fuel Oil, Biomass, Pyrolysis

1. Pendahuluan

Pesatnya pertumbuhan penduduk yang disertai dengan kemajuan industri yang semakin meningkat menyebabkan kebutuhan akan bahan bakar dan energi meningkat, terutama bahan bakar fosil (minyak bumi). Hal ini berdampak pada berkurangnya pasokan cadangan minyak bumi di alam akibat krisis energi yang juga menghambat aktivitas ekonomi. Selain itu, penggunaan bahan bakar fosil merupakan salah satu penyebab utama pencemaran lingkungan dan pemanasan global. Berdasarkan peraturan pemerintah No. 79/2014 tentang Kebijakan Energi Nasional menyatakan bahwa pada tahun 2025 target peran energi baru dan terbarukan setidaknya 23% pada tahun 2025 dan 31% pada tahun 2050 diimbangi dengan pengurangan peran minyak bumi kurang dari 25% pada tahun 2025 dan kurang dari 20% pada tahun 2050.[1] Kondisi ini mendorong untuk mengembangkan energi terbarukan yang lebih efisien dan ramah lingkungan sebagai pengganti minyak bumi. Biomassa menjadi perhatian khusus sebagai salah satu sumber energi terbarukan untuk mengatasi krisis energi saat ini. Kandungan biomassa hemiselulosa, selulosa, dan lignin dan sejumlah kecil spesies organik dan anorganik lainnya tergantung pada jenis biomassa. Sumber daya biomassa biasanya dibentuk oleh limbah kayu dan kayu, tanaman pertanian dan limbah produk sampingannya, limbah padat kota, limbah proses pulp, dan sebagainya. Biomassa dapat diubah menjadi cairan (bio-oil), padatan (bio-char), dan produk gas dari pirolisis.[2]

Metode yang digunakan untuk pembuatan bio-oil dari biomassa melalui proses termokimia adalah pirolisis. Pirolisis adalah proses dekomposisi bahan kimia organik melalui tahap pemanasan tanpa atau sedikit oksigen atau reagen lain di mana bahan baku akan mengalami pemecahan struktur kimia menjadi gas.[3] Metode pirolisis sangat baik karena memaksimalkan senyawa lignin dan selulosa yang dihasilkan dari tanaman untuk menghasilkan bahan bakar cair. Penggunaan katalis dapat diterapkan pada proses pirolisis sebagai pirolisis katalitik. Teknik pirolisis yang berbeda memberikan perbedaan dalam kuantitas dan kualitas produk yang dihasilkan. Bio-oil memiliki kandungan nitrogen dan sulfur yang rendah, dapat digunakan sebagai bahan bakar

di beberapa mesin dan boiler yang dimodifikasi. Selain itu, minyak pirolisis kaya akan senyawa organik yang memberikan nilai tambah. Jenis pirolisis yang saat ini sedang berkembang untuk menghasilkan bio-oil adalah melalui proses pirolisis cepat.

Proses pirolisis cepat dilakukan pada suhu antara 400°C-600°C dengan durasi pemanasan sekitar 0,5-2 detik. Keuntungan dari proses pirolisis cepat adalah produk cair (Bio-oil) lebih dari jenis pirolisis lainnya. Bio-oil dari pirolisis cepat dapat memberikan nilai kalor tinggi yang memiliki distribusi hidrokarbon yang mirip dengan diesel standar[4] Beberapa teknologi pirolisis cepat termasuk menggelegak unggun terfluidisasi, reaktor unggun terfluidisasi yang bersirkulasi, pirolizer kerucut berputar, pirolisis ablatif, pirolisis vakum, dan reaktor auger. Selain itu, mulai dikembangkan teknik-teknik termal pemanasan pada suhu antara 400-700°C.[5] Produk yang dihasilkan oleh pirolisis cepat selain cairan bio-oil, juga akan diproduksi arang dan gas. Berdasarkan beberapa uraian di atas, penulisan artikel ulasan ini bertujuan untuk memberikan studi literatur tentang potensi bio-oil dari limbah biomassa menggunakan metode pirolisis sebagai energi baru terbarukan serta parameter yang mempengaruhinya.

2. Metode

Metode yang digunakan adalah melalui kajian literatur yang telah diringkas dari artikel yang relevan dengan proses pirolisis menggunakan biomassa. Pembahasan dalam artikel ulasan disusun secara naratif untuk menunjukkan hasil produk dari metode pirolisis yang dipengaruhi oleh jenis pirolisis dan reaktornya, kondisi operasi dan komposisi biomassa.

3. Pembahasan

3.1 Biomassa

Biomassa sebagai bahan biologis banyak digunakan sebagai sumber bahan bakar, baik secara langsung maupun diolah melalui teknik konversi energi biomassa. Sumber biomassa adalah salah satu solusi terbaik dalam energi terbarukan untuk menggantikan atau mengganti sumber daya fosil dalam berbagai aplikasi seperti: produksi energi panas, sumber daya, bahan bakar untuk transportasi, produksi bahan kimia dan biomaterial.[6] Penggunaan biomassa untuk energi alternatif dapat mengurangi dampak lingkungan saat ini seperti peningkatan CO₂ di lingkungan yang disebabkan oleh penggunaan bahan bakar fosil.[7] Biomassa umumnya mengandung tiga senyawa yaitu selulosa, hemiselulosa dan lignin. Proses termokimia biomassa tergantung pada komposisi senyawa biomassa dan kandungannya organik lainnya. Biomassa terdiri dari 38-50% selulosa, 23-32% hemiselulosa, 15-25% lignin dan komponen lainnya (yaitu, anorganik dan ekstraktif) dengan persentase total 5-13%.[8] Biomassa dengan fraksi senyawa volatil tinggi memiliki konversi tertinggi dibandingkan dengan biomassa dengan karbon tetap tinggi. Secara teoritis, biomassa dengan fraksi Volatil tinggi lebih tepat digunakan untuk produksi bio-oil, sementara biomassa dengan karbon tetap tinggi, lebih cocok untuk produksi bio-char[9]

Tabel 1 Komposisi Dasar Biomasa[9]

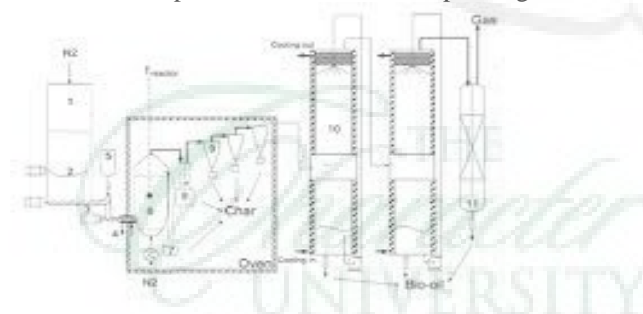
Sumber Biomasa	C (wt%)	H (wt%)	O(wt%)	N (wt%)	S (wt%)	Abu (wt%)
Sekam Padi	48,36	5,13	32,79	0,72	0,31	12,50
Tongkol Jagung	49,32	5,35	44,7	0,63	-	1,49
Kayu Birch	48,45	5,58	45,46	0,20	-	0,30
Kulit Kayu Kenari	50,58	6,41	41,21	0,39	-	1,40
Safflower	59,05	8,87	26,72	3,03	-	2,33
Kayu Wijen	48,62	5,65	37,89	0,57	-	7,26
Bungkil Kedelai	52,46	6,17	26,51	8,72	-	6,15
Campuran Kayu	47,58	5,87	42,10	0,20	0,03	2,10
Kayu Karet	49,50	6,10	44,60	-	-	-
Jerami	36,89	5,00	37,89	0,40	-	19,80
Tempurung Kelapa	47,97	5,88	45,57	0,30	-	0,50
Kayu Pinus	45,92	5,27	48,24	0,22	-	0,35
Kulit Almond	47,63	5,71	44,48	-	-	2,18
Serbuk Gergaji	50,8	5,9	42,9	0,3	0,02	0,4
Kulit Zaitun	50,90	6,30	38,60	1,37	0,03	2,80
Pinus	50,33	6,21	43,07	0,34	0,05	0,26
Biji Jarak	55,8	4,78	31,13	7,35	0,93	4,7
Kacang Tanaman Jarak	29,28	3,91	29,84	-	0,03	2,2
Limbah Kopi	46,1	5,6	29,1	5,2	-	2,5

3.2 Pirolisis

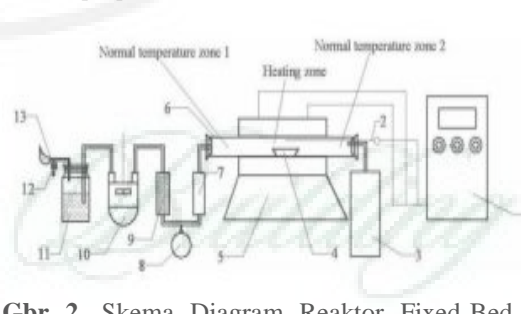
Pirolisis adalah dekomposisi bahan kimia organik melalui proses pemanasan tanpa atau sedikit oksigen yang terjadi pada suhu antara 350-750⁰C.[10-18] Pada saat pemanasan bahan padat akan mengalami pemecahan struktur kimia menjadi gas.[13,19] Proses ini melepaskan 3 jenis produk, yaitu cair (Bio-oil), padat (arang), dan gas.[3,10,11,14,16,20] Jenis gas yang terbentuk dari proses pirolisis bervariasi, yaitu CO, CO₂, H₂, H₂O dan CH₄. [10,11,15,16,21,23] Hasil pirolisis memiliki kandungan yang berbeda, hal ini disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya suhu,[16,18,19,26,29] jenis material,[10,12] jenis reaktor,[13] waktu, [12,13,20] dan jenis pirolisis.[10] Pirolisis adalah metode termolisis khusus yang terkait dengan proses kimia hangus dan yang paling umum digunakan adalah bahan organik. Proses pirolisis dikategorikan menjadi 4 jenis, yaitu pirolisis lambat,[10-12,16,17,22,23] pirolisis cepat,[11,12,16,20,22,24], pirolisis Kilat,[10,22] dan pirolisis katalitik biomassa.[17,25] Secara umum, metode yang paling banyak digunakan dalam proses dekomposisi biomassa adalah metode pirolisis lambat dan cepat, yang merupakan perbedaan antara keduanya adalah suhu, waktu aliran, dan produk yang dihasilkan. Tingkat pemanasan pirolisis Lambat adalah 0,1- 1 °C/detik,[10] ada juga 5-7 K/menit.[3] Metode ini menghasilkan lebih sedikit bio-oil dan lebih banyak arang dan gas.[3,26] Pirolisis dengan cepat dicapai melalui pemanasan cepat antara 10 hingga 1000°C/s,5,34 waktu tinggal yang singkat kurang dari 2 detik,[3,10] suhu 400-650°C dan dengan pendinginan uap yang cepat. Pendinginan cepat sangat penting untuk mendapatkan produk dengan berat molekul tinggi sebelum akhirnya berubah menjadi senyawa gas yang memiliki berat molekul rendah. Dengan cara ini, produk bio-oil dapat diproduksi 70 hingga 75% dari berat awal biomassa.[3,26]

Pirolisis yang digunakan dalam pembuatan pelepah limbah bio-oil dalam penelitian sebelumnya disajikan pada Gambar 1 Dan 2. Reaktor unggun terfluidisasi pirolisis seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Reaktor berbentuk panci (diameter dalam 25 cm dan tinggi 4 cm) dipanaskan dengan kompor gas dengan suhu pelat bawah 50 derajat dikendalikan dengan pengontrol dan termokopel tipe-K diukur. Pirolisis cepat menggunakan reaktor unggun terfluidisasi menggunakan gas nitrogen yang dipanaskan sebelumnya oleh pemanas awal dan laju aliran yang dikendalikan aliran 2,8 m³/jam.

Biochar dipisahkan dari produk pirolisis melalui tahap pemisah dua siklon, kemudian gas kondensor dan gas non-kondensor melewati tiga kondensor, yaitu kondensor dinding, kondensor koil, dan penghancur siklon. Kondensor pertama dan kedua didinginkan dengan air. Gas pirolisis biochar, bio-oil, dan nonkondensasi masing-masing dikumpulkan dan diambil sampelnya.[27] Dalam reaktor ini, pembakar reaktor terbuat dari tabung kwarsa dan dipanaskan secara eksternal oleh tungku cincin listrik, yang ditutupi dengan lapisan isolasi di luar. Panjang efektif reaktor adalah 1200 mm dengan diameter dalam 60 mm. Tabung kwarsa dibagi menjadi zona pemanasan dan zona suhu normal 1 dan 2 di sepanjang arah aksial, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Tungku dipanaskan dengan kecepatan 10°C/menit hingga suhu akhir yang diinginkan dan dijaga agar tetap konstan. Termokopel tipe K digunakan untuk mengukur profil suhu di zona pemanasan perapian. Filter secara serial digunakan sebagai unit penghilang debu untuk pembersihan bahan bakar gas. Kondensor seri digunakan sebagai unit pendingin untuk pendinginan bahan bakar gas dan penangkapan tar. Bahan bakar gas dari reaktor memasuki unit pembersih debu dan unit pendingin secara berurutan.[28]



Gbr 1. Skema Diagram Reaktor Fluidized Bed bagian: Feeder; feed auger; nitrogen; fluidized bed; preheater; cyclone separators; hoppers; condensers; cyclone demisters; T: thermocouples[27]



Gbr 2. Skema Diagram Reaktor Fixed-Bed (1) Temperature controller; (2) thermocouple; (3) nitrogen gas tank; (4) porcelain boat; (5) electric furnace; (6) quartz tube reactor; (7) condenser; (8) tar collector; (9) filter; (10) flowmeter; (11) water-sealed bottle; (12) to gas collector bag; (13) exhaust gas burner[28]

Tabel 2 Pirolisis Skala Dunia

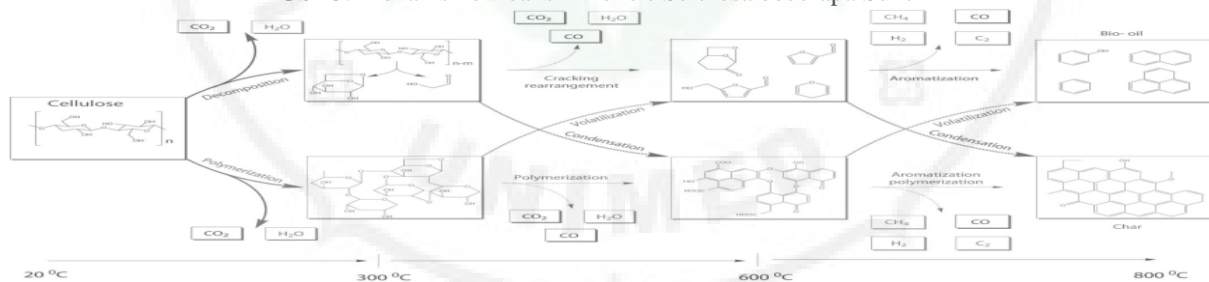
Tipe Pirolisis	Tipe Reaktor	Negara	Produk (%Wt)
Pirolisis Cepat Katalitik [29]	Fixed Bed	India	Bio-oil 41,05 Gas 31,6 Bio-char 27,9
Pirolisis Cepat Non-atalitik [30]	Conical spouted bed	Spanyol	Bio-oil 65,8 Gas 18,8 Bio-char 15,4
Pirolisis Cepat Katalitik [31]	fluidized bed	India	Bio-oil 44 Gas 52 Bio-char 4
Pirolisis Cepat Non-katalitik [29]	Fixed bed	India	Bio-oil 34,9 Gas 26,5 Bio-char 38,6
Pirolisis Cepat Katalitik [32]	Circulating fluidized bed	Republic Korea	Bio-oil 60
Pirolisis Cepat Katalitik [31]	Fluidized bed	India	Bio-oil 38 Gas 50 Bio-char 12

3.3 Dekomposisi Biomassa

3.3.1 Selulosa

Adalah polisakarida makromolekul linier yang terdiri dari rantai glukosa yang diperpanjang yang dihubungkan oleh β -1, 4-glikosidik dan berinteraksi satu sama lain melalui ikatan hidrogen antarmolekul/intramolekul yang berkontribusi pada struktur kristal dan stabilitas kimianya. Hubungan ikatan glikosidik dalam selulosa tidak stabil dan cenderung pecah di bawah lingkungan asam atau suhu tinggi.[33] pemecahan dalam pirolisis selulosa terjadi pada 300°C.

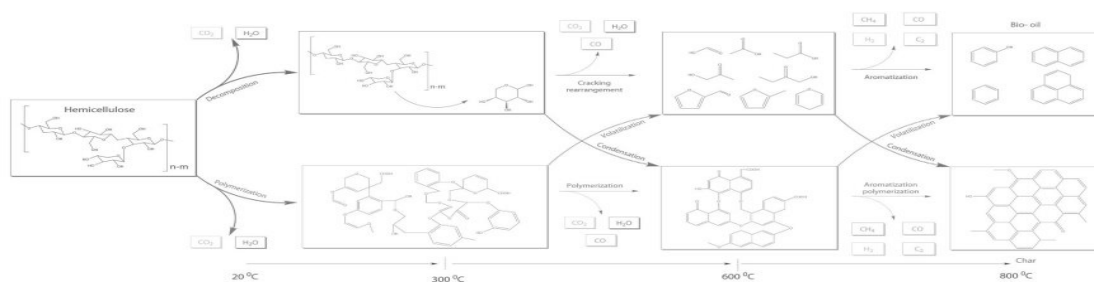
Gbr 3. Mekanisme Reaksi Pirolisis Selulosa beberapa Suhu



3.3.2 Hemiselulosa

Terdiri dari struktur polisakarida heterogen rantai pendek dan berkontribusi terhadap 10-35% biomassa lignoselulosa. Mereka biasanya mencakup glukosa, mannosa, galaktosa, xilosa, asam uronat, produk asetil dll. Dibandingkan dengan dekomposisi termal selulosa hemiselulosa mudah dilakukan yang terjadi pada suhu 220-315°C. Langkah reaksi mendasar dalam pirolisis hemiselulosa terjadi pada <300°C yang terdiri dari reaksi dekomposisi dan polimerisasi dan mengarah pada pembentukan senyawa molekul rendah seperti glikoaldehida, furan, hidroksil asetaldehida, asam format, unsur H₂O dan CO₂ dll.[35,36] Ketika suhu mencapai di atas <800°C biomassa selulosa berubah menjadi menghasilkan bio-oil dan biochar.

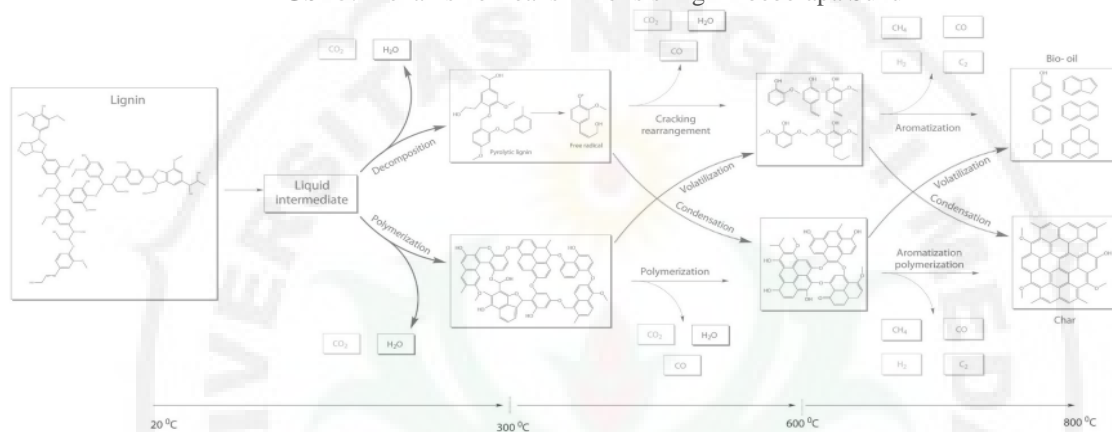
Gbr 4. Mekanisme Reaksi Pirolisis Hemiselulosa beberapa Suhu



3.3.3 Lignin

Lignin termasuk dalam kelompok akun senyawa aromatik dalam biomassa lignoselulosa[37] Pirolisis lignin berubah menjadi anisole, fenol, cresol, guaiacol, syringol dll., sebagai produk utama. Pirolisis lignin kayu lunak menghasilkan produksi terutama guaiacol. Demikian pula, pirolisis dari lignin kayu keras menghasilkan turunan guaiacol dan syringol. Ketika gugus OH fenol dikonversi, ia mengikuti jalur hidrogenolisis dari ikatan hidroksil aromatik atau proses hidrogenasi dari ikatan yang sama. Jalur reaksi sangat bergantung pada komposisi katalis. Proses hidrodeoksigenasi yang dikatalisis dengan demetilasi/ demetoksilasi dan dehidroksilasi tetap menjadi reaksi signifikan utama selama katalisis guaiacol.[38] Selanjutnya dari dehidroksilasi, hidrogenasi molekul benzena terjadi.[39]

Gbr 5. Mekanisme Reaksi Pirolisis Lignin beberapa Suhu



Tabel 3 Jenis Produk dari Biomassa yang berbeda metode Pirolisis Cepat

Jenis Biomassa	Kondisi Operasi	Tipe Produk	
		Produk Utama (% wt)	Produk Lain (% wt)
Hemicellulose dari tongkol jagung[40]	500 ⁰ C	Char 9,44	Anhydroxylopyranos 7,14; Dianhydroxylopyranose 17,76; Glycolaldehyd 12,85; Methyl Glyoxal 3,31; Acetaldehyde 1,15; 2-Furaldehyd 2,20; Acetol 1,20; H ₂ O 14,98 CO ₂ 6,02; CO 1.72 Asam asetat 0,18
Tongkol Jagung[41]	500 ⁰ C, 5 ⁰ C/min, N ₂ , 103 L/min	acetic acid 52,56 Furfural 37,5	Glycolaldehyde, Anhydroxylopyranose, Dianhydroxylopyranose, Methyl Glyoxal
Kayu Birch [38]	25–900 ⁰ C, 10 ⁰ C/min, 120 mL/min	Char 20	-
Jerami Gandum[43]	500 ⁰ C	Furfural 4,2 Levogluosan 7,3	-
Residu Pertanian Batang Jagung, Jerami Padi, Kayu Lunak Dan Kayu	550 ⁰ C	Char 30	Asam asetat (7,15-17,82)



Keras [43]			
Cemara Douglas [45]	400–690 ⁰ C, 0.5s	Gas 31–42 Bio oil 35–45	-
Xylan Dari Jerami Gandum [46]	25–700 ⁰ C, 5–30 ⁰ C/min, N ₂ , 60 mL/min	Char 24	Asam asetat; 2-Furaldehyde; Cyclopenten-1- one; beberapa senyawa aromatic
Ampas tebu [46]	550–850 ⁰ C, N ₂ , 300 mL/min	Acetic acid 41,2	-
Jerami Gandum [46]	700 ⁰ C	Char 24	Asam asetat; karbon oksida; 2-Furaldehyde; Cyclopenten-1-One; beberapa senyawa aromatic

4. Kesimpulan Dan Saran

Dalam kajian studi ini, biomassa menunjukkan potensi tinggi sebagai Metode Pirolisis berbasis bioenergi terbarukan. Beberapa karya telah melaporkan hasil produk dari metode pirolisis yang dipengaruhi oleh jenis pirolisis dan reaktornya, kondisi operasi dan komposisi biomassa. Proses pirolisis memperoleh 3 produk utama, gas, char dan bio-oil yang memiliki potensi tinggi untuk menggantikan bahan bakar fosil (petroleum). Bio-oil diharapkan menjadi bahan bakar yang berkelanjutan dan ramah oleh beberapa teknologi yang ditingkatkan.

Daftar Pustaka

- [1] Thacker, H. (2013). *How a Strong Regulatory Push Can Jumpstart Indonesia's Biomass Sector*. Indonesia: Frost and Sullivan.
- [2] Akalina, M. K. & Karagöz, S. (2011). "Pyrolysis of tobacco residue. Part 2: Catalytic." *BioResources*. 6(2), pp.1773–1805.
- [3] Ridhuan, K., Irawan, D. & Inthifawzi, R. (2019). "Proses Pembakaran Pyrolysis dengan Jenis Biomassa dan Karakteristik Asap Cair yang Dihasilkan." *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*. 8(1), pp. 69–78.
- [4] Barla, F. G. & Kumar, S. (2019). "Tobacco Biomass As A Source Of Advanced Biofuels." *Biofuels*. 10(3), pp. 335–346.
- [5] Purwanto, W., Supramono, Muthia R. & Annisa. (2012). "Konversi Limbah Kelapa Sawit Menjadi Bio-oil melalui Proses Catalytic Fast Pyrolysis dan Upgrading-nya." *Aptekindo*, pp. 285-293.
- [6] Wibowo, S. & Hendra, D. (2015). "Karakteristik Bio-Oil Dari Rumput Gelagah (*Saccharum spontaneum* Linn.) Menggunakan Proses Pyrolysis Cepat." *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 33(4), pp.347–363.
- [7] Abnisa, A. Arami-Niya, W.M.A., Wan Daud, J.N. Sahu, I.M. Noor. (2013). "Utilization of Oil Palm Tree Residues To Produce Bio-Oil And Bio-Char Via Pyrolysis." *Energy Convers. Manage*. 76(1), pp. 1073–1082.
- [8] Omar, N., Abdullah, I.S., Mustafa & F. Sulaiman. (2018). "Characterisation of Oil Palm Frond For Bio-Oil Production." *ASM Sci. J.* 11(1), pp. 9–22.
- [9] Zahari, M. A. K. M., M. R. Zakaria, H. Ariffin, M. N. Mokhtar, J. Salihon, Y. Shirai & M. A. Hassan. (2012). *Bioresourcel Technol.* 110(1), pp. 566-571.
- [10] Putra, A. E., Rahman, M. & Aminy, A. (2016). "Produksi Bahan Bakar Ramah Lingkungan Melalui Proses Pirolisis Limbah Ban." *Jurnal Penelitian Enjiniring*. 20(2), pp. 26-31. 1.
- [11] Ratnani, R. D. & Widiyanto. (2018). "A Review of Pyrolysis of Eceng Gondok (Water hyacinth) for Liquid Smoke." *E3S Web of Conferences*. 73(1), Pp.2–6.
- [12] Syamsudin, S., Purwati, S., Surachman, A. & Wattimena, R. B. I. (2016). "Pyrolysis Isothermal Sludge Cake Dan Pulp Reject Pabrik Pulp Kraft (*Isothermal Pyrolysis Of Sludge Cake And Pulp Reject From Kraft Pulp Mill*)." *Jurnal Selulosa*. 6(02), Pp.71–82.
- [13] Wibowo, S. (2020). "Karakteristik Bio-Oil Dari Limbah Industri Hasil Hutan Menggunakan Pyrolysis Cepat (Characteristics of Bio-oil Made of Forest Products Waste by Fast Pyrolysis)." *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 34(1), pp. 61–76.
- [14] Yusrizal & Idris, M. (2016). "Memproduksi Bahan Bakar Gas." *Jurnal Inotera*. 1(1), pp.57–63.
- [15] Nurnasari, E. & Subiyakto, S. (2019). "Diversifikasi Produk Tembakau Non Rokok Diversification of Non-Cigarette Tobacco Products." *Perspektif*. 17(1), pp.40.
- [16] N. Fachrizal, R., Mustafa, M. P. (2012). *Proses Pyrolysis Biomasa Gelombang Mikro*. 153–160.
- [17] Chen, H., Lin, G., Chen, Y., Chen, W., & Yang, H. (2016). "Biomass Pyrolytic Polygeneration of Tobacco Waste: Product Characteristics and Nitrogen Transformation." *Energy and Fuels*. 30(3), pp.1579–1588.



- [18] Liu, B., Li, Y. M., Wu, S. Bin, Li, Y. H., Deng, S. S., & Xia, Z. L. (2013). "Pyrolysis characteristic of tobacco stem studied by Py- GC/MS, TG-FTIR, and TG-MS." *BioResources*. 8(1), pp.220–230.
- [19] Mufandi, I., Treedet, W., Singbua, P., & Suntivarakorn, R. (2019). "Produksi Bio-Oil dari Rumput Gajah dengan Fast Pyrolysis menggunakan Circulating Fluidized Bed Reactor (CFBr) dengan Kapasitas 45 Kg/H." *CHEMICA: Jurnal Teknik Kimia*. 5(2), pp.37.
- [20] Chumsawat, L., & Tippayawong, N. (2020). "Utilizing tobacco residues to generate bio-oil and biochar via ablative pyrolysis." *Chemical Engineering Transactions*. 78, pp.49–54.
- [21] Kim, Y., Shim, J., Choi, J. W., Jin Suh, D., Park, Y. K., Lee, U., Choi, J., & Ha, J. M. (2020). "Continuous-flow production of petroleum-replacing fuels from highly viscous Kraft lignin pyrolysis oil using its hydrocracked oil as a solvent." *Energy Conversion and Management*. 213(December 2019), 112728.
- [22] Wijayanti, W. & Sasongko, M. (2012). "Reduksi Volume Dan Pengurangan Kotoran Sapi Dengan Metode Pyrolysis." *Rekayasa Mesin* .3(3), pp.4040–4410.
- [23] Yan, B., Zhang, S., Chen, W., & Cai, Q. (2018). "Pyrolysis of tobacco wastes for bio-oil with aroma compounds." *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 248–254.
- [24] Yang, Y., Chen, X., Wang, D., Cheng, G., & Lv, D. (2019). "TGA analysis of tobacco rob pyrolysis and release characteristics of noncondensable gas in a fixed-bed reactor." *International Journal of Green Energy*. 16(5), pp.378–385.
- [25] Palamanit, P., Khongphakdi, Y., Tirawanichakul, N.& Phusunti. (2019). "Investigation of yields and qualities of pyrolysis products obtained from oil palm biomass using an agitated bed pyrolysis reactor." *Biofuel Res. J.*,6(4), pp.1065–1079.
- [26] Chin, P.S., H'ng, H.K. Eng, S.H. Lee, W.C. Lum & Y.Y. Chin. (2015). "Yield and calorific value of bio oil pyrolysed from oil palm biomass and its relation with solid residence time and process temperature." *Asian J. Sci. Res.* 8 (3), pp.351–358.
- [27] Khor, K.O., Lim, Z.A.Z.& Alimuddin. (2009). "Laboratory-scale pyrolysis of oil palm trunks." *Energy Sources*, 1(32), pp. 518–531.
- [28] Hooi, Z.A.Z., Alauddin & L.K. Ong. "Laboratory-scale pyrolysis of oil palm pressed fruit fibres." *J. Oil Palm Res.* 21(1), pp.577–587.
- [29] Abdul Rahman, N., Abdullah, F. & Sulaiman. (2014). "Temperature effect on the characterization of pyrolysis products from oil palm fronds." *Adv. Energy Eng. (AEE)* 2.
- [30] Sakulkit, A., Palamanit, R., Dejchanchaiwong, P.& Reubroycharoen. (2020). "Characteristics Of Pyrolysis Products From Pyrolysis and Co-Pyrolysis of Rubber Wood And Oil Palm Trunk Biomass For Biofuel and Value-Added Applications." *J. Environ. Chem. Eng.* 8, 104561.
- [31] Kawamoto. (2017). "Lignin Pyrolysis Reactions." *J. Wood Sci.* 63(1), pp. 117–132.
- [32] Collard & J. Blin. (2014). "A Review On Pyrolysis of Biomass Constituents: Mechanisms and Composition of the Products Obtained From the Conversion of Cellulose, Hemicelluloses and Lignin." *Renew Sustain Energy Rev.* 38(1), pp.594–608.
- [33] Bridgwater, A. V. (2012). Review of fast pyrolysis of biomass and product upgrading. *Biomass and Bioenergy*. 38, pp.68–94.
- [34] Li, Y., Xing, B., Ding, Y., Han, X., Wang, S., (2020). "A critical review of the production and advanced utilization of biochar via selective pyrolysis of lignocellulosic biomass. *Bioresour.* *Technol.* 312, 123614.
- [35] Madadi, M., & Abbas, A. (2017). "Lignin degradation by fungal pretreatment: a review". *J. Plant Pathol. Microbiol.* 8(2), pp.1-6.
- [36] Vassilev, S. V., Baxter, D., Andersen, L. K., & Vassileva, C. G. (2010). "An overview of the chemical composition of biomass." *Fuel*, 89(5), 913–933.
- [37] Soni, B., Karmee, S.K., (2020). "Towards a continuous pilot scale pyrolysis based biorefinery for production of biooil and biochar from sawdust". *Fuel* 271, 117570.
- [38] Fernandez-Akarregi, A.R., Makibar, J., Lopez, G., Amutio, M., Olazar, M., (2013). "Design and operation of a conical spouted bed reactor pilot plant (25kg/h) for biomass fast pyrolysis. *Fuel Process.* *Technol.* 112, 48–56.
- [39] Karmee, S.K., Kumari, G., Soni, B., (2020). "Pilot scale oxidative fast pyrolysis of sawdust in a fluidized bed reactor: a biorefinery approach". *Bioresour. Technol.* 318, 124071.
- [40] Park, J.Y., Kim, J.-K., Oh, C.-H., Park, J.-W., Kwon, E.E., (2019). "Production of bio-oil from fast pyrolysis of biomass using a pilot-scale circulating fluidized bed reactor and its characterization". *J. Environ. Manag.* 234, 138–144.
- [41] Dai, L., Wang, Y., Liu, Y., He, C., Ruan, R., Yu, Z., Jiang, L., Zeng, Z., Wu, Q., (2020). "A review on selective production of value-added chemicals via catalytic pyrolysis of lignocellulosic biomass". *Sci. Total Environ.* 749, 142386.
- [42] Stefanidis, S.D., Kalogiannis, K.G., Iliopoulou, E.F., Michailof, C.M., Pilavachi, P.A., Lappas, A.A., (2014). "A study of lignocellulosic biomass pyrolysis via the pyrolysis of cellulose, hemicellulose and lignin". *J. Anal. Appl. Pyrolysis* 105, 143–150.



- [43] Zheng, M., Wang, Z., Li, X., Qiao, X., Song, W., Guo, L., (2016). "Initial reaction mechanisms of cellulose pyrolysis revealed by ReaxFF molecular dynamics". *Fuel*. 177, 130–141.
- [44] Zhou, X., Li, W., Mabon, R., Broadbelt, L.J., (2017). "A critical review on hemicellulose pyrolysis". *Energy Technol.* 5, 52–79.
- [45] Yang, H., Li, S., Liu, B., Chen, Y., Xiao, J., Dong, Z., Gong, M., Chen, H., (2020). "Hemicellulose pyrolysis mechanism based on functional group evolutions by two-dimensional perturbation correlation infrared spectroscopy". *Fuel* 267, 117302.
- [46] Cui, Y., Wang, W., Chang, J., (2019). Study on the product characteristics of pyrolysis lignin with calcium salt additives". *Mater. (Basel, Switzerland)* 12, 1609.

