



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK

Jl. Raya Palembang-Prabumulih Indralaya Ogan Ilir 30662,
Laman : www.ft.unsri.ac.id

KEPUTUSAN
DEKAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SRIWIJAYA
Nomor : 1123/UN9.FT/TU.SK/2022

Tentang

PENGANGKATAN PANITIA DAN PENGUJI SEMINAR PROPOSAL DISERTASI
PROGRAM STUDI ILMU TEKNIK PROGRAM DOKTOR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA PERIODE SEMESTER GANJIL
TAHUN AKADEMIK 2022/2023 (6 DESEMBER 2022)

DEKAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SRIWIJAYA

MEMPERHATIKAN : Surat Koordinator Program Studi Ilmu Teknik Program Doktor Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya Nomor: 0214/UN9.1.3.3/PSD/DT/2022 tanggal 5 Desember 2022 tentang Seminar Proposal Program Studi Ilmu Teknik Program Doktor Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya Periode Semester Ganjil TA 2022/2023.

MENIMBANG : a. bahwa agar Ujian Disertasi Program Studi Ilmu Teknik Program Doktor Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya Periode Semester Ganjil TA 2022/2023 terlaksana, dipandang perlu membentuk Panitia Seminar Proposal tersebut dan menunjuk serta mengangkat personalianya.

b. bahwa sehubungan dengan butir a tersebut di atas, maka perlu dikeluarkan Surat Keputusan sebagai Pedoman dan landasan hukumnya.

MENGINGAT : 1. Undang-undang Nomor : 32 tahun 1961
2. Peraturan Pemerintah Nomor : 42 1960.
3. Peraturan Pemerintah Nomor : 60 Tahun 1999
4. Keputusan Menteri Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia No : 32031/MIKP/IX/2019 tanggal 24 Oktober 2019.
5. Keputusan Rektor Unsri No. 4294/PT11.1.1/c.2.a/1987, tanggal 14 Oktober 1987, tentang Pemberian Wewenang kepada Dekan untuk penerbitan Surat Keputusan Panitia Seminar Proposal Fakultas.

6. Keputusan Rektor Universitas Sriwijaya Nomor : 0108/UN9/SK.BAK,KP/2021 tanggal 24 Februari 2021, tentang Pengangkatan Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya masa tugas tahun 2021-2025.

MEMUTUSKAN

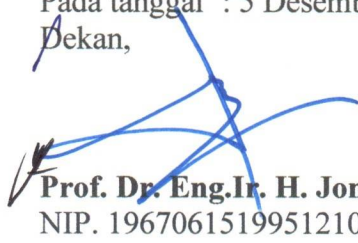
MENETAPKAN : KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SRIWIJAYA TENTANG PANITIA DAN PENGUJI SEMINAR PROPOSAL DISERTASI MAHASISWA PROGRAM STUDI ILMU TEKNIK PROGRAM DOKTOR FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SRIWIJAYA PERIODE SEMESTER GANJIL TAHUN AKADEMIK 2022/2023

Pertama : Mengangkat Panitia dan Penguji Saudara-Saudara yang nama dan jabatannya seperti tertera dalam lampiran keputusan ini, sebagai Panitia dan Penguji Seminar Proposal Disertasi Mahasiswa Program Studi Ilmu Teknik Program Doktor Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya Periode Semester Ganjil Tahun Akademik 2022/2023, Serta menunjuk personalianya seperti tertera dalam lampiran Surat Keputusan ini.

Kedua : Segala biaya yang timbul akibat dikeluarkannya Surat Keputusan ini dibebankan kepada anggaran Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, atau anggaran yang disediakan untuk itu.

Ketiga : Keputusan ini berlaku sejak tanggal dikeluarkan, dengan ketentuan bahwa segala sesuatu akan diubah dan diperbaiki sebagaimana mestinya apabila terdapat kekeliruan dalam Keputusan ini.

Ditetapkan di : Indralaya
Pada tanggal : 5 Desember 2022
Dekan,


Prof. Dr. Eng. Ir. H. Joni Arliansyah, MT
NIP. 196706151995121002

TEMBUSAN :

1. Rektor Universitas Sriwijaya
2. Kepala BAK/BUK Universitas Sriwijaya
3. Koordinator Prodi S3 FT. Unsri
4. BPP FT. Unsri

Lampiran I : Keputusan Dekan FT Universitas Sriwijaya
Nomor : 1123/UN9.FT/TU.SK/2022
Tanggal : 5 Desember 2022

PANITIA KEGIATAN SEMINAR PROPOSAL
PROGRAM STUDI ILMU TEKNIK PROGRAM DOKTOR
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SRIWIJAYA
PERIODE SEMESTER GANJIL TAHUN AKADEMIK 2022/2023

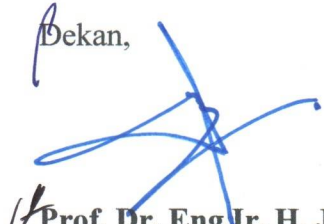
Pengarah : **Prof. Dr. Eng.Ir. Joni Arliansyah, MT**

Penanggung Jawab : 1. Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, ST., MT.,IPM
2. Ar.Widya Fransiska FA., ST., MM., Ph.D.,IAI
3. Ir.Hj.Ika Juliantina, M.S

Ketua : Prof. Dr. Ir. Nukman, M.T.

Anggota : 1. Jeany Rospamarina

Dekan,


Prof. Dr. Eng.Ir. H. Joni Arliansyah, MT
NIP. 196706151995121002 

Lampiran II : Keputusan Dekan FT Universitas Sriwijaya
Nomor : 1123/UN9.FT/TU.SK/2022
Tanggal : 5 Desember 2022

PENGUJI KEGIATAN SEMINAR PROPOSAL
PROGRAM STUDI ILMU TEKNIK PROGRAM DOKTOR
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SRIWIJAYA
PERIODE SEMESTER GANJIL TAHUN AKADEMIK 2022/2023

1. Nama Mahasiswa : Selpiana NIM : 03043681722009
Ketua Penguji : Prof. Dr. Ir. Nukman, MT.
Anggota : 1. Prof. Ir. H. Muhammad Said, M.Sc, Ph.D
2. Ir. Erna Yuliwati, M.T., Ph.D.
3. Dr. David Bahrin, S.T, M.T

Dekan,



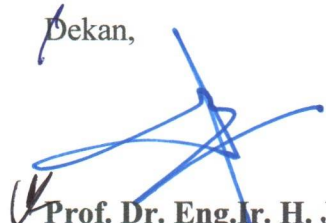
Prof. Dr. Eng.Ir. H. Joni Arliansyah, MT
NIP. 196706151995121002

Lampiran III : Keputusan Rektor Universitas Sriwijaya
Nomor : 1123/UN9.FT/TU.SK/2022
Tanggal : 5 Desember 2022

PESERTA KEGIATAN SEMINAR PROPOSAL
PROGRAM STUDI ILMU TEKNIK PROGRAM DOKTOR
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SRIWIJAYA
PERIODE SEMESTER GANJIL TAHUN AKADEMIK 2022/2023

No	Nama/Nim	Judul Disertasi	Promotor/Ko-Promotor	Tim Penguji/Pembahas
1.	Selpiana 03043681722009 Teknik Kimia	Preparasi Material B-Pbo2 Diaplikasikan Padasintesis Limonene Dan Karet Alam Dengan Menggunakan Low Cost Photoreactor Menggunakan Metode Pirolisis Vakum	Promotor : Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Haryati, DEA. Ko-Promotor : Prof. Dr. Ir. H. M. Djoni Bustan, M.Eng	Ketua Penguji : Prof. Dr. Ir. Nukman, M.T Anggota : 1. Prof. Ir. H. Muhammad Said, M.Sc, Ph.D 2. Ir. Erna Yuliwati, M.T., Ph.D. 3. Dr. David Bahrin, S.T, M.T

Dekan,


Prof. Dr. Eng. Ir. H. Joni Arliansyah, MT
NIP. 196706151995121002



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK

Jl. Raya Palembang-Prabumulih Indralaya Ogan Ilir 30662,
Laman : www.ft.unsri.ac.id

SURAT TUGAS

No : 0787/UN9.FT/TU. ST/2022

Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya menugaskan saudara-saudara yang namanya tersebut dibawah ini :

No	Nama/Nim	Judul Disertasi	Promotor/Ko-Promotor
1.	Selpiana 03043681722009 Teknik Kimia	Preparasi Material B-Pbo2 Diaplikasikan Padasintesis Limonene Dan Karet Alam Dengan Menggunakan Low Cost Photoreactor Menggunakan Metode Pirolisis Vakum	Promotor : Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Haryati, DEA. Ko-Promotor : Prof. Dr. Ir. H. M. Djoni Bustan, M.Eng

sebagai promotor dan ko-promotor Seminar Proposal Mahasiswa Program Studi Ilmu Teknik Program Doktor Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Demikian Surat Tugas ini dibuat untuk dapat dilaksanakan dengan sebaik-baiknya dengan penuh tanggung jawab.

Indralaya, 5 Desember 2022
Dekan,

Prof. Dr. Eng. Ir. H. Joni Arliansyah, MT
NIP. 196706151995121002

Tembusan :
Koordinator Prodi S3 FT. Unsri



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK

Jl. Raya Palembang-Prabumulih Indralaya Ogan Ilir 30662,
Laman : www.ft.unsri.ac.id

UNDANGAN
Nomor : 0448/UN9.FT/TU.UN/2022

Kepada Yth, :
di,
Tempat

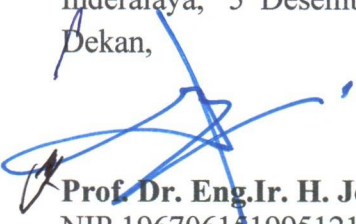
Dengan hormat, kami sangat mengharapkan kesediaan Bapak/Ibu pada Seminar Proposal Mahasiswa Program Studi Ilmu Teknik Program Doktor Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, yang akan dilaksanakan, pada :

hari : Selasa
tanggal : 6 Desember 2022
pukul : 10.00 WIB s.d. Selesai

Demikianlah undangan ini disampaikan, atas perhatian Bapak /Ibu kami ucapkan terima kasih.

Inderalaya, 5 Desember 2022

Dekan,


Prof. Dr. Eng.Ir. H. Joni Arliansyah, MT
NIP.196706131995121002



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Raya Palembang-Prabumulih, KM 32 Inderalaya Kabupaten Ogan Ilir 30662
Laman: www.ft.unsri.ac.id

Nomor : 0156 /UN9.FT/TU.UN/2023
Lampiran : 1 berkas
Perihal : Undangan Ujian Disertasi

4 Mei 2023

Kepada Yth.

Penguji :

1. Prof. Dr. Ir. Muhammad Said, MSc
2. Dr. Ir. David Bahrin, S.T., M.T
3. Ir. Erna Yuliwati, M.T., Ph.D
4. Dian Kharismadewi, S.T., M.T., Ph.D

Dengan hormat, kami sangat mengharapkan kehadiran Bapak sebagai Penguji pada Ujian Disertasi dari Mahasiswa Program Studi Ilmu Teknik Program Doktor Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya:

Nama	: Selpiana
NIM	: 0304368172209
Program Studi	: Ilmu Teknik Program Doktor
Bidang Kajian Utama	: Teknik Kimia
Judul Disertasi	: Preparasi Material β -PbO ₂ Diaplikasikan pada Sintesis Limonene Berbahan Baku Karet Alam Menggunakan Metode Pirolisis Vakum
Promotor	: Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Haryati, DEA., IPU
Ko-Promotor	: Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Djoni Bustan, M.Eng., IPU

Akan dilaksanakan pada:

Hari	: Jum'at
Tanggal	: 12 Mei 2023
Pukul	: 09.00 WIB s/d Selesai
Tempat	: Ruang Rapat Dekanat Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya Kampus Palembang

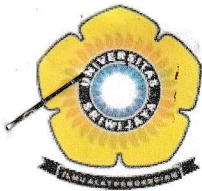
Atas perhatian, kesediaan dan perkenannya, kami sampaikan ucapan terima kasih.

Dekan,

Prof. Dr. Eng. Ir. Joni Arliansyah, M.T
NIP 196706151995121002

Pakaian:

- * Jas Untuk Ketua Sidang, Penguji dan Guru Besar
- * Mahasiswa menggunakan almamater dan Kemeja
- * Penguji yang offline Hadir 15 menit sebelum acara dimulai
& yang online sudah hadir di Zoom meeting 15 menit sebelum mulai



KEMENTERIAN PENDIDIKAN KEBUDAYAAN
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI ILMU TEKNIK PROGRAM DOKTOR
Jalan Srijaya Negara, Bukit Besar, Palembang 30139
Email : s3ilmuteknik@ft.unsri.ac.id

BERITA ACARA
PROPOSAL DISERTASI (TEK004217)
No : 0215/UN9.1.3.3/PSD/DT/2022

Pada hari ini, Selasa tanggal 6 Desember 2022 dilaksanakan Seminar Proposal Disertasi dari Mahasiswa Program Studi Ilmu Teknik Program Doktor Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya :

Nama : Selpiana
NIM : 03043681722009
Prodi : Ilmu Teknik Program Doktor
BKU : Teknik Kimia
Judul : Preparasi Material B-Pbo2 Diaplikasikan Pada Sintesis *Limonene* Berbahan Baku Karet Alam Menggunakan Metode Pirolisis Vakum
Promotor : Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Haryati, DEA
Ko- Promotor : Prof. Dr. Ir. H. M. Djoni Bustan, M.Eng..

Nilai Angka : 89,3

Huruf : A

Ketua :

Prof. Dr. Ir. Nukman, M.T

Tim penguji / pembahas :

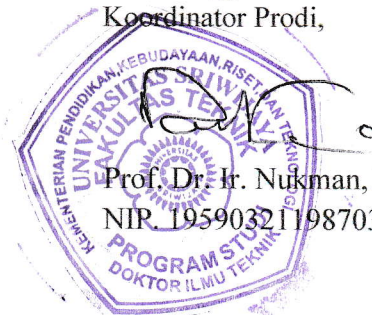
1. Prof. Ir. H. Muhammad Said, M.Sc, Ph.D

2. Ir. Erna Yuliwati, M.T., Ph.D.

3. Dr. David Bahrin, S.T, M.T

Palembang, 6 Desember 2022
Koordinator Prodi,

Prof. Dr. Ir. Nukman, M.T
NIP. 195903211987031001





KEMENTERIAN PENDIDIKAN KEBUDAYAAN
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI ILMU TEKNIK PROGRAM DOKTOR

Jalan Srijaya Negara, Bukit Besar, Palembang 30139
Email : s3ilmuteknik@ft.unsri.ac.id

BERITA ACARA
UJIAN DISERTASI (TEK004217)
No : 177/UN9.1.3.3/PSD/DT/2023

Pada hari ini, Jumat tanggal 12 Mei 2023 dilaksanakan Ujian Disertasi dari Mahasiswa Program Studi Ilmu Teknik Program Doktor Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya :

Nama : Selpiana
NIM : 0304368172209
Program Studi : Ilmu Teknik Program Doktor
Bidang Kajian Utama : Teknik Kimia
Judul Disertasi : *Preparasi Material B-PbO₂ Diaplikasikan pada Sintesis Limonene Berbahan Baku Karet Alam Menggunakan Metode Pirolisis Vakum*
Promotor : Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Haryati, DEA., IPU
Ko-Promotor : Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Djoni Bustan, M.Eng., IPU
Nilai Angka : 88,75
Huruf : A

Tim penguji / pembahas :

1. Prof. Dr. Ir. Muhammad Said, MSc
2. Dr. Ir. David Bahrin, S.T., M.T
3. Ir. Erna Yuliwati, M.T., M.T
.....
4. Dian Kharismadewi, S.T., M.T., Ph.D

Palembang, 12 Mei 2023
Koordinator Prodi,

Prof. Dr. Ir. Nukman, M.T
NIP. 195903211987031001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Raya Palembang-Prabumulih, KM 32 Inderalaya Kabupaten Ogan Ilir 30662
Laman: www.ft.unsri.ac.id

Nomor : 0156 /UN9.FT/TU.UN/2023
Lampiran : 1 berkas
Perihal : Undangan Ujian Disertasi

4 Mei 2023

Kepada Yth.

Penguji :

1. Prof. Dr. Ir. Muhammad Said, MSc
2. Dr. Ir. David Bahrin, S.T., M.T
3. Ir. Erna Yuliwati, M.T., Ph.D
4. Dian Kharismadewi, S.T., M.T., Ph.D

Dengan hormat, kami sangat mengharapkan kehadiran Bapak sebagai Penguji pada Ujian Disertasi dari Mahasiswa Program Studi Ilmu Teknik Program Doktor Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya:

Nama	: Selpiana
NIM	: 0304368172209
Program Studi	: Ilmu Teknik Program Doktor
Bidang Kajian Utama	: Teknik Kimia
Judul Disertasi	: Preparasi Material β -PbO ₂ Diaplikasikan pada Sintesis Limonene Berbahan Baku Karet Alam Menggunakan Metode Pirolisis Vakum
Promotor	: Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Haryati, DEA., IPU
Ko-Promotor	: Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Djoni Bustan, M.Eng., IPU

Akan dilaksanakan pada:

Hari	: Jum'at
Tanggal	: 12 Mei 2023
Pukul	: 09.00 WIB s/d Selesai
Tempat	: Ruang Rapat Dekanat Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya Kampus Palembang

Atas perhatian, kesediaan dan perkenannya, kami sampaikan ucapan terima kasih.

Dekan,

Prof. Dr. Eng. Ir. Joni Arliansyah, M.T
NIP 196706151995121002

Pakaian:

- * Jas Untuk Ketua Sidang, Penguji dan Guru Besar
- * Mahasiswa menggunakan almamater dan Kemeja
- * Penguji yang offline Hadir 15 menit sebelum acara dimulai
& yang online sudah hadir di Zoom meeting 15 menit sebelum mulai



KEMENTERIAN PENDIDIKAN KEBUDAYAAN
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI ILMU TEKNIK PROGRAM DOKTOR

Jalan Srijaya Negara, Bukit Besar, Palembang 30139
Email : s3ilmuteknik@ft.unsri.ac.id

BERITA ACARA
UJIAN DISERTASI (TEK004217)
No : 177/UN9.1.3.3/PSD/DT/2023

Pada hari ini, Jumat tanggal 12 Mei 2023 dilaksanakan Ujian Disertasi dari Mahasiswa Program Studi Ilmu Teknik Program Doktor Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya :

Nama : Selpiana
NIM : 0304368172209
Program Studi : Ilmu Teknik Program Doktor
Bidang Kajian Utama : Teknik Kimia
Judul Disertasi : *Preparasi Material B-PbO₂ Diaplikasikan pada Sintesis Limonene Berbahan Baku Karet Alam Menggunakan Metode Pirolisis Vakum*
Promotor : Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Haryati, DEA., IPU
Ko-Promotor : Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Djoni Bustan, M.Eng., IPU
Nilai Angka : 88,75
Huruf : A

Tim penguji / pembahas :

1. Prof. Dr. Ir. Muhammad Said, MSc
2. Dr. Ir. David Bahrin, S.T., M.T
3. Ir. Erna Yuliwati, M.T., M.T
.....
4. Dian Kharismadewi, S.T., M.T., Ph.D

Palembang, 12 Mei 2023
Koordinator Prodi,

Prof. Dr. Ir. Nukman, M.T
NIP. 195903211987031001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI ILMU TEKNIK PROGRAM DOKTOR

Jalan Sriwijaya Negara, Bukit Besar, Palembang 30139
Email : s3ilmuteknik@ft.unsri.ac.id

DAFTAR HADIR UJIAN DISERTASI
TANGGAL 12 MEI 2023
PROGRAM STUDI ILMU TEKNIK PROGRAM DOKTOR
PERIODE SEMESTER GENAP TA. 2022/2023

No	Nama	Tanda Tangan
1.	Dr Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM	1.
2.	Prof. Dr. Ir. Nukman, M.T.	2.
3.	Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Haryati, DEA., IPU	3.
4.	Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Djoni Bustan, M.Eng., IPU	4.
5.	Prof. Dr. Ir. Muhammad Said, MSc	5.
6.	Dr. Ir. David Bahrin, S.T., M.T	6.
7.	Ir. Erna Yuliwati, M.T., Ph.D	7.
8.	Dian Kharismadewi, S.T., M.T., Ph.D	8.
9.		9.
10.		10.
11.		11.
12.		12.
13.		13.
14.		14.
15.		15.

Palembang, 12 Mei 2023
Koordinator Prodi,

Prof. Dr. Ir. Nukman, M.T
NIP. 195903211987031001

DISERTASI

**PREPARASI MATERIAL β -PbO₂ DIAPLIKASIKAN
PADA SINTESIS *LIMONENE* BERBAHAN BAKU
KARET ALAM MENGGUNAKAN METODE
PIROLISIS VAKUM**



SELPIANA

NIM. 03043681722009

**PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU TEKNIK
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2023**

HALAMAN PENGESAHAN

PREPARASI MATERIAL β -PbO₂ DIAPLIKASIKAN PADA SINTESIS *LIMONENE* BERBAHAN BAKU KARET ALAM MENGGUNAKAN METODE PIROLISIS VAKUM

DISERTASI

Diajukan untuk Melengkapi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Doktor dalam
Bidang Ilmu Teknik Kimia

Oleh:

SELPIANA

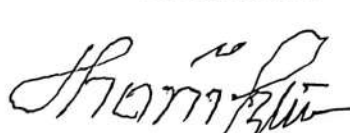
NIM. 03043681722009

Palembang, Mei 2023

Promotor


Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Haryati, DEA, IPU
NIP. 195610241981032001

Ko-Promotor


Prof. Dr. Ir. H. M. Djoni Bustan, M.Eng, IPU
NIP. 195603071981031010

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik


Prof. Dr. Ir. H. M. Djoni Bustan, M.T.
NIP. 195603071981031010

Koordinator Program Doktor Ilmu Teknik


Prof. Dr. Ir. H. M. Djoni Bustan, M.T.
NIP. 195603071981031010

HALAMAN PERSETUJUAN

Disertasi berjudul "Preparasi Material β -PbO₂ Diaplikasikan pada Sintesis Limonene dari Karet Alam Menggunakan Metode Pirolisis Vakum" telah dipertahankan di hadapan tim penguji pada ujian Disertasi Program Doktor Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada hari Jumat tanggal 12 Mei 2023.

Palembang, 12 Mei 2023

Ketua Tim Penguji:

Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM
NIP. 197502112003121002

()

Anggota Tim Penguji:

1. Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Said, M.Sc
NIP. 196108121987031003

()

2. Ir. Erna Yuliwati, M.T., Ph.D
NIDN. 0228076701

()

3. Dr. David Bahrin, S.T., M.T.
NIP. 198110312005011003

()

4. Dian Kharismadewi, S.T., M.T., Ph.D
NIDN. 0222048201

()

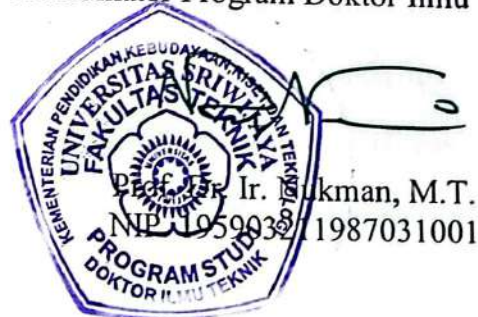
Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



Prof. Dr. Ir. H. Joni Arliansyah, M.T.
NIP. 196706151995121002

Koordinator Program Doktor Ilmu Teknik



Ir. Lukman, M.T.
NIP. 195903211987031001

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah karena limpahan rahmat Allah SWT penulis dapat menyelesaikan disertasi dengan judul **“Preparasi Material β -PbO₂ Diaplikasikan pada Sintesis Limonene dari Karet Alam Menggunakan Metode Pirolisis Vakum”** yang merupakan salah satu persyaratan untuk menyelesaikan studi Doktor Ilmu Teknik pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Dalam menyelesaikan disertasi ini penulis memperoleh bantuan dari berbagai pihak, dalam kesempatan ini penulis juga menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

1. Rektor Universitas Sriwijaya Prof. Dr. Ir. H. Anis Saggaff, MSCE., IPU., ASEAN.Eng yang telah memberikan kesempatan untuk menempuh pendidikan Doktor.
2. Dekan Fakultas Teknik Prof. Dr. Ir. H. Joni Arliansyah M.Eng yang telah memberikan izin untuk menempuh pendidikan pada Prodi Doktor Ilmu Teknik Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya .
3. Prof. Dr. Ir. Nukman, M.T selaku Ketua Prodi Doktor Ilmu Teknik Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memberikan kelancaran pelayanan dalam urusan Akademik.
4. Prof. Dr. Ir. H. M. Djoni Bustan, M.Eng, IPU dan Prof Dr. Ir. Hj. Sri Haryati, DEA , IPU selaku Promotor yang telah memberikan banyak ilmu, bantuan, dukungan, doa serta semangat dalam menyelesaikan pendidikan Doktor.
5. Pimpinan Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, Dr. Tuti Indah Sari, S.T. M.T dan Dr. Fitri Hadiah, ST.,M.T. untuk dukungannya selama menjalani pendidikan.

Penulis mempersembahkan pencapaian ini untuk keluarga khususnya orang tua yang telah memberikan sepenuh harapan hingga semua ini terwujud. Untuk suami dan ananda terima kasih untuk dukungannya selama ini.

Semoga disertasi ini dapat menjadi amal jariah bagi penulis dan bermanfaat bagi para pembaca.

Penulis,

Selpiana

RINGKASAN

PREPARASI MATERIAL β -PbO₂ DIAPLIKASIKAN PADA SINTESIS LIMONENE DARI KARET ALAM MENGGUNAKAN METODE PIROLISIS VAKUM

Karya Tulis Ilmiah berupa Disertasi, Mei 2023

Selpiana, Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Haryati, DEA, IPU dan Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Djoni Bustan, M.Eng, IPU

iv+ 206 halaman, 64 Gambar, 20 Tabel, 1 Lampiran

Karet alam merupakan sumber daya hayati andalan Indonesia. Namun sejak tahun 2013 harga karet alam Indonesia fluktuatif cenderung menurun. Hal tersebut berdampak langsung pada perekonomian rakyat karena kepemilikan perkebunan karet terbesar adalah perkebunan karet rakyat. Senyawa dominan karet alam adalah *Havea Brasiliensis* yang banyak mengandung *cis* 1,4 *polyisoprenes*. *Limonene* dipakai sebagai alternatif pengganti *chlorofluorocarbons* (CFCs), metil etil keton (MEK), *xylene*. Permintaan pasar *limonene* pada tahun 2015 adalah 2,5 juta ton dan diperkirakan akan terus meningkat mencapai lebih dari 3,3 juta ton pada tahun 2023. Dalam penelitian ini, akan dilakukan kajian mengenai proses preparasi, dan pengaplikasian material β -PbO₂ sebagai katalis yang berperan membantu proses konversi karet alam yang mengandung senyawa dominan *cis* 1,4 *polyisoprene* menggunakan peralatan terintegrasi, β -PbO₂ sebagai katalis bersifat *amphoteric* dan rute proses terbaru. Penelitian ini melalui tiga tahap proses untuk menghasilkan produk utama *limonene* dengan *yield* dan konsentrasi yang tinggi, masing-masing tahapan merupakan satu kesatuan dan saling terikat dan mempengaruhi. Penelitian menghasilkan *limonene* 74.87% dengan menggunakan material β -PbO₂ sebagai katalis dengan metode pirolisis vakum.

Kata kunci: Karet alam, β -PbO₂, *amphoteric*, *limonene*, pirolisis vakum.

SUMMARY

Scientific Papers in the form of Dissertation, May 2023

Selpiana, Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Haryati, DEA, IPU dan Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Djoni Bustan, M.Eng, IPU

iv+ 206 pages, 64 pictures, 20 Tables, 1 attachment.

Natural rubber is Indonesia's mainstay of biological resources. However, since 2013 the price of Indonesia's natural rubber has fluctuated, tended to decline. This has a direct impact on the people's economy because the largest ownership of rubber plantations is smallholder rubber plantations. The dominant compound of natural rubber is *Hevea Brasiliensis* which contains a lot of cis 1,4 polyisoprene. Limonene is used as an alternative to chlorofluorocarbons (CFCs), methyl ethyl ketone (MEK), and xylene. The market demand for limonene in 2015 was 2.5 million tons and is expected to continue to increase to more than 3.3 million tons in 2023. In this research, a study will be carried out regarding the preparation process, and the application of β -PbO₂ material as a catalyst which plays a role in assist the conversion process of natural rubber containing the dominant compound cis 1,4 polyisoprene using integrated equipment, β -PbO₂ as a catalyst which is amphoteric and a renewable process route. This research went through three stages of the process to produce the main limonene product with high yield and concentration, each stage is an integral part and is interrelated and influences one another. The research produced 74.87% limonene using β -PbO₂ material as a catalyst using the vacuum pyrolysis method.

Keywords: Natural rubber, β -PbO₂, amphoteric, limonene, vacuum pyrolysis.

Palembang, Mei 2023

Promotor

Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Haryati, DEA, IPU
NIP. 195610241981032001

Ko-Promotor

Prof. Dr. Ir. H. M. Djoni Bustan, M.Eng, IPU
NIP. 195603071981031010

Mengetahui,
Koordinator Program Doktor Ilmu Teknik

Prof. Dr. Ir. Nukman, M.T.
NIP. 195903211987031001

PERNYATAAN INTEGRITAS

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Selpiana
NIM : 03043681722009
Judul : Preparasi Material β -PbO₂ Diaplikasikan pada Sintesis Limonene dari Karet Alam Menggunakan Metode Pirolisis Vakum

Menyatakan bahwa Disertasi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi oleh Promotor dan Ko Promotor. Apabila ditemukan Unsur Penjiplakan/ Plagiat dalam Disertasi ini, saya bersedia menerima sanksi akademik yang berlaku dari Universitas Sriwijaya.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan dengan sebenarnya.



Palembang, Mei 2023

Selpiana
Selpiana
NIM. 03043681722009

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
RINGKASAN	vi
PERNYATAAN INTEGRITAS	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xv

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	1
1.2. Permasalahan Penelitian	9
1.3. Tujuan Penelitian	13
1.4. Manfaat Penelitian	14
1.5. Batasan Masalah Penelitian	14
1.6. Hipotesis Penelitian	15
1.7. Kerangka Penelitian	16
1.8. Penelitian Terdahulu	17
1.8.1. Penelitian Sintesis β -PbO ₂	17
1.8.1. Penelitian Sintesis <i>Limonene</i>	19
1.9. Keterbaruan Penelitian (<i>Novelty</i>)	23

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Karet Alam	24
2.1.1. Komposisi Lateks Karet Alam	26
2.1.2. Karet Alam Indonesia	30
2.1.3. <i>Standard Indonesian Rubber (SIR)</i>	32
2.2. <i>Polyisoprene</i>	33
2.2.1. <i>Cis-1,4-polyisoprene</i>	34
2.2.2. <i>Trans-1,4 polyisoprene</i>	35
2.3. <i>Limonene</i>	40
2.4. Termokimia Konversi Biomassa	46
2.4.1. Pirolisis	47
2.4.2. Klasifikasi metode pirolisis	51
2.4.3. Keuntungan pirolisis ditinjau dari segi ekonomis dan lingkungan	53
2.4.4. Teknologi Pirolisis Sintesis <i>Limonene</i>	55
2.5. <i>Pyrolyser (Pyrolysis Reactor)</i>	58
2.5.1. <i>Fixed bed pyrolyser</i>	59
2.6. Katalis	62
2.6.1. Energi Aktivasi	65
2.6.2. Persamaan Arrhenius	67
2.6.3. Karakterisasi katalis	69

2.6.4. Kinerja Katalis	71
2.6.5. Fasa Katalis	73
2.6.6. Tahapan Reaksi Katalitik	75
2.6.7. Adsorpsi Desorpsi Isotermal	76
2.6.8. Mekanisme Perengkahan Katalitik	78
2.7. β -PbO ₂	80
2.8. Elektrodeposisi	87
2.8.1. Mekanisme Kerja Elektrodeposisi	88
2.8.2. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Proses Elektrodeposisi	90
2.9. Konversi Natural Rubber menjadi <i>Limonene</i>	91
2.10. Depolimerisasi	93
2.11. Reaksi <i>Diels Alder</i>	95
2.11.1. Mekanisme Reaksi <i>Diels Alder</i>	95
2.11.2. Diena	97
2.11.3. Dienofil	97
2.11.4. Jenis reaksi <i>Diels–Alder</i>	98
2.12. Mekanisme Degradasi Cis 1,4 <i>polyisoprene</i>	99
2.13. Metode Karakterisasi	107
2.13.1. Sifat-sifat Partikel	108
2.13.2. Brunauer-Emmet-Teller (BET)	110
2.13.3. Scanning Electron Microscopy dengan Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy Mapping (SEM-EDS mapping)	111
2.13.4. Analisa Polarisasi Potensiodinamik	111
2.13.5. Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC-MS)	113

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	116
3.2. Alat dan Bahan	116
3.3. Variabel Penelitian	117
3.3.1. Variabel Bebas	117
3.3.2. Variabel Terikat	117
3.3.3. Variabel Kendali	117
3.4. Prosedur Penelitian	117
3.5. Diagram Alir Penelitian	121
3.6. Matriks Penelitian	125
3.7. Rangkaian Peralatan Terintegrasi Sintesis Limonene	126

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakterisasi Material β -PbO ₂	127
4.1.1. Polarisasi Potensiodinamik	128
4.1.2. Pertambahan Massa Katoda	135
4.1.3. <i>Current Efficiency</i> Katoda	138
4.1.4. <i>Scanning Electron Microscopy with Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy</i> (SEM-EDS)	139

4.1.4.1. Pengamatan Topografi dan Morfologi Sampel.....	135
4.1.4.2. Distribusi dan Komposisi Unsur	141
4.1.5. Karakterisasi β -PbO ₂ dengan <i>X-Ray Diffraction</i>	144
4.1.6. Karakterisasi Luas Permukaan dan Pori β -PbO ₂	145
4.2. Degradasi Karet Alam	148
4.2.1. Pengaruh Temperatur dan Waktu terhadap Degradasi Karet Alam (Tanpa Katalis).....	148
4.2.2. Pengaruh Persentase Katalis dan Waktu pada Proses Degradasi Karet Alam (Berkatalis).....	154
4.2.3. Distribusi Produk yang Teridentifikasi Selama Degradasi Karet Alam Tanpa Katalis dan Berkatalis	157
4.2.4. Mekanisme Reaksi Degradasi Karet alam	168
4.2.5. <i>Yield</i> Senyawa Hasil Degradasi Karet Alam tanpa Katalis dan Berkatalis.....	175
4.2.6. Konversi Degradasi Karet Alam tanpa Katalis dan Berkatalis	176

DAFTAR PUSTAKA

DISERTASI

**PREPARASI MATERIAL β -PbO₂ DIAPLIKASIKAN
PADA SINTESIS *LIMONENE* BERBAHAN BAKU
KARET ALAM MENGGUNAKAN METODE
PIROLISIS VAKUM**



SELPIANA

NIM. 03043681722009

**PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU TEKNIK
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2023**

HALAMAN PENGESAHAN

PREPARASI MATERIAL β -PbO₂ DIAPLIKASIKAN PADA SINTESIS *LIMONENE* BERBAHAN BAKU KARET ALAM MENGGUNAKAN METODE PIROLISIS VAKUM

DISERTASI

Diajukan untuk Melengkapi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Doktor dalam
Bidang Ilmu Teknik Kimia

Oleh:

SELPIANA

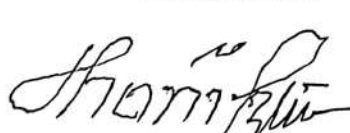
NIM. 03043681722009

Palembang, Mei 2023

Promotor


Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Haryati, DEA, IPU
NIP. 195610241981032001

Ko-Promotor


Prof. Dr. Ir. H. M. Djoni Bustan, M.Eng, IPU
NIP. 195603071981031010

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik


Prof. Dr. Ir. H. M. Arliansyah, M.T.
NIP. 196706081995121002

Koordinator Program Doktor Ilmu Teknik


Prof. Dr. Ir. H. M. Nukman, M.T.
NIP. 195903071987031001

HALAMAN PERSETUJUAN

Disertasi berjudul "Preparasi Material β -PbO₂ Diaplikasikan pada Sintesis Limonene dari Karet Alam Menggunakan Metode Pirolisis Vakum" telah dipertahankan di hadapan tim penguji pada ujian Disertasi Program Doktor Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada hari Jumat tanggal 12 Mei 2023.

Palembang, 12 Mei 2023

Ketua Tim Penguji:

Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM
NIP. 197502112003121002

()

Anggota Tim Penguji:

1. Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Said, M.Sc
NIP. 196108121987031003
2. Ir. Erna Yuliwati, M.T., Ph.D
NIDN. 0228076701
3. Dr. David Bahrin, S.T., M.T.
NIP. 198110312005011003
4. Dian Kharismadewi, S.T., M.T., Ph.D
NIDN. 0222048201

()

()

()

()

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



Prof. Dr. Ir. H. Joni Arliansyah, M.T.
NIP. 196706151995121002

Koordinator Program Doktor Ilmu Teknik



Prof. Dr. Ir. Lukman, M.T.
NIP. 195903211987031001

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah karena limpahan rahmat Allah SWT penulis dapat menyelesaikan disertasi dengan judul **“Preparasi Material β -PbO₂ Diaplikasikan pada Sintesis Limonene dari Karet Alam Menggunakan Metode Pirolisis Vakum”** yang merupakan salah satu persyaratan untuk menyelesaikan studi Doktor Ilmu Teknik pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Dalam menyelesaikan disertasi ini penulis memperoleh bantuan dari berbagai pihak, dalam kesempatan ini penulis juga menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

1. Rektor Universitas Sriwijaya Prof. Dr. Ir. H. Anis Saggaff, MSCE., IPU., ASEAN.Eng yang telah memberikan kesempatan untuk menempuh pendidikan Doktor.
2. Dekan Fakultas Teknik Prof. Dr. Ir. H. Joni Arliansyah M.Eng yang telah memberikan izin untuk menempuh pendidikan pada Prodi Doktor Ilmu Teknik Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya .
3. Prof. Dr. Ir. Nukman, M.T selaku Ketua Prodi Doktor Ilmu Teknik Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memberikan kelancaran pelayanan dalam urusan Akademik.
4. Prof. Dr. Ir. H. M. Djoni Bustan, M.Eng, IPU dan Prof Dr. Ir. Hj. Sri Haryati, DEA , IPU selaku Promotor yang telah memberikan banyak ilmu, bantuan, dukungan, doa serta semangat dalam menyelesaikan pendidikan Doktor.
5. Pimpinan Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, Dr. Tuti Indah Sari, S.T. M.T dan Dr. Fitri Hadiah, ST.,M.T. untuk dukungannya selama menjalani pendidikan.

Penulis mempersembahkan pencapaian ini untuk keluarga khususnya orang tua yang telah memberikan sepenuh harapan hingga semua ini terwujud. Untuk suami dan ananda terima kasih untuk dukungannya selama ini.

Semoga disertasi ini dapat menjadi amal jariah bagi penulis dan bermanfaat bagi para pembaca.

Penulis,

Selpiana

RINGKASAN

PREPARASI MATERIAL β -PbO₂ DIAPLIKASIKAN PADA SINTESIS LIMONENE DARI KARET ALAM MENGGUNAKAN METODE PIROLISIS VAKUM

Karya Tulis Ilmiah berupa Disertasi, Mei 2023

Selpiana, Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Haryati, DEA, IPU dan Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Djoni Bustan, M.Eng, IPU

iv+ 206 halaman, 64 Gambar, 20 Tabel, 1 Lampiran

Karet alam merupakan sumber daya hayati andalan Indonesia. Namun sejak tahun 2013 harga karet alam Indonesia fluktuatif cenderung menurun. Hal tersebut berdampak langsung pada perekonomian rakyat karena kepemilikan perkebunan karet terbesar adalah perkebunan karet rakyat. Senyawa dominan karet alam adalah *Havea Brasiliensis* yang banyak mengandung *cis* 1,4 *polyisoprenes*. *Limonene* dipakai sebagai alternatif pengganti *chlorofluorocarbons* (CFCs), metil etil keton (MEK), *xylene*. Permintaan pasar *limonene* pada tahun 2015 adalah 2,5 juta ton dan diperkirakan akan terus meningkat mencapai lebih dari 3,3 juta ton pada tahun 2023. Dalam penelitian ini, akan dilakukan kajian mengenai proses preparasi, dan pengaplikasian material β -PbO₂ sebagai katalis yang berperan membantu proses konversi karet alam yang mengandung senyawa dominan *cis* 1,4 *polyisoprene* menggunakan peralatan terintegrasi, β -PbO₂ sebagai katalis bersifat *amphoteric* dan rute proses terbaru. Penelitian ini melalui tiga tahap proses untuk menghasilkan produk utama *limonene* dengan *yield* dan konsentrasi yang tinggi, masing-masing tahapan merupakan satu kesatuan dan saling terikat dan mempengaruhi. Penelitian menghasilkan *limonene* 74.87% dengan menggunakan material β -PbO₂ sebagai katalis dengan metode pirolisis vakum.

Kata kunci: Karet alam, β -PbO₂, *amphoteric*, *limonene*, pirolisis vakum.

SUMMARY

Scientific Papers in the form of Dissertation, May 2023

Selpiana, Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Haryati, DEA, IPU dan Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Djoni Bustan, M.Eng, IPU

iv+ 206 pages, 64 pictures, 20 Tables, 1 attachment.

Natural rubber is Indonesia's mainstay of biological resources. However, since 2013 the price of Indonesia's natural rubber has fluctuated, tended to decline. This has a direct impact on the people's economy because the largest ownership of rubber plantations is smallholder rubber plantations. The dominant compound of natural rubber is *Hevea Brasiliensis* which contains a lot of cis 1,4 polyisoprene. Limonene is used as an alternative to chlorofluorocarbons (CFCs), methyl ethyl ketone (MEK), and xylene. The market demand for limonene in 2015 was 2.5 million tons and is expected to continue to increase to more than 3.3 million tons in 2023. In this research, a study will be carried out regarding the preparation process, and the application of β -PbO₂ material as a catalyst which plays a role in assist the conversion process of natural rubber containing the dominant compound cis 1,4 polyisoprene using integrated equipment, β -PbO₂ as a catalyst which is amphoteric and a renewable process route. This research went through three stages of the process to produce the main limonene product with high yield and concentration, each stage is an integral part and is interrelated and influences one another. The research produced 74.87% limonene using β -PbO₂ material as a catalyst using the vacuum pyrolysis method.

Keywords: Natural rubber, β -PbO₂, amphoteric, limonene, vacuum pyrolysis.

Palembang, Mei 2023

Promotor

Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Haryati, DEA, IPU
NIP. 195610241981032001

Ko-Promotor

Prof. Dr. Ir. H. M. Djoni Bustan, M.Eng, IPU
NIP. 195603071981031010

Mengetahui,
Koordinator Program Doktor Ilmu Teknik

Prof. Dr. Ir. Nukman, M.T.
NIP. 195903211987031001

PERNYATAAN INTEGRITAS

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Selpiana
NIM : 03043681722009
Judul : Preparasi Material β -PbO₂ Diaplikasikan pada Sintesis Limonene dari Karet Alam Menggunakan Metode Pirolisis Vakum

Menyatakan bahwa Disertasi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi oleh Promotor dan Ko Promotor. Apabila ditemukan Unsur Penjiplakan/ Plagiat dalam Disertasi ini, saya bersedia menerima sanksi akademik yang berlaku dari Universitas Sriwijaya.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan dengan sebenarnya.



Palembang, Mei 2023

Selpiana
Selpiana
NIM. 03043681722009

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
RINGKASAN	vi
PERNYATAAN INTEGRITAS	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xv

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	1
1.2. Permasalahan Penelitian	9
1.3. Tujuan Penelitian	13
1.4. Manfaat Penelitian	14
1.5. Batasan Masalah Penelitian	14
1.6. Hipotesis Penelitian	15
1.7. Kerangka Penelitian	16
1.8. Penelitian Terdahulu	17
1.8.1. Penelitian Sintesis β -PbO ₂	17
1.8.1. Penelitian Sintesis <i>Limonene</i>	19
1.9. Keterbaruan Penelitian (<i>Novelty</i>)	23

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Karet Alam	24
2.1.1. Komposisi Lateks Karet Alam	26
2.1.2. Karet Alam Indonesia	30
2.1.3. <i>Standard Indonesian Rubber (SIR)</i>	32
2.2. <i>Polyisoprene</i>	33
2.2.1. <i>Cis-1,4-polyisoprene</i>	34
2.2.2. <i>Trans-1,4 polyisoprene</i>	35
2.3. <i>Limonene</i>	40
2.4. Termokimia Konversi Biomassa	46
2.4.1. Pirolisis	47
2.4.2. Klasifikasi metode pirolisis	51
2.4.3. Keuntungan pirolisis ditinjau dari segi ekonomis dan lingkungan	53
2.4.4. Teknologi Pirolisis Sintesis <i>Limonene</i>	55
2.5. <i>Pyrolyser (Pyrolysis Reactor)</i>	58
2.5.1. <i>Fixed bed pyrolyser</i>	59
2.6. Katalis	62
2.6.1. Energi Aktivasi	65
2.6.2. Persamaan Arrhenius	67
2.6.3. Karakterisasi katalis	69

2.6.4. Kinerja Katalis	71
2.6.5. Fasa Katalis	73
2.6.6. Tahapan Reaksi Katalitik	75
2.6.7. Adsorpsi Desorpsi Isotermal	76
2.6.8. Mekanisme Perengkahan Katalitik	78
2.7. β -PbO ₂	80
2.8. Elektrodeposisi	87
2.8.1. Mekanisme Kerja Elektrodeposisi	88
2.8.2. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Proses Elektrodeposisi	90
2.9. Konversi Natural Rubber menjadi <i>Limonene</i>	91
2.10. Depolimerisasi	93
2.11. Reaksi <i>Diels Alder</i>	95
2.11.1. Mekanisme Reaksi <i>Diels Alder</i>	95
2.11.2. Diena	97
2.11.3. Dienofil	97
2.11.4. Jenis reaksi <i>Diels–Alder</i>	98
2.12. Mekanisme Degradasi Cis 1,4 <i>polyisoprene</i>	99
2.13. Metode Karakterisasi	107
2.13.1. Sifat-sifat Partikel	108
2.13.2. Brunauer-Emmet-Teller (BET)	110
2.13.3. Scanning Electron Microscopy dengan Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy Mapping (SEM-EDS mapping)	111
2.13.4. Analisa Polarisasi Potensiodinamik	111
2.13.5. Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC-MS)	113

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	116
3.2. Alat dan Bahan	116
3.3. Variabel Penelitian	117
3.3.1. Variabel Bebas	117
3.3.2. Variabel Terikat	117
3.3.3. Variabel Kendali	117
3.4. Prosedur Penelitian	117
3.5. Diagram Alir Penelitian	121
3.6. Matriks Penelitian	125
3.7. Rangkaian Peralatan Terintegrasi Sintesis Limonene	126

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakterisasi Material β -PbO ₂	127
4.1.1. Polarisasi Potensiodinamik	128
4.1.2. Pertambahan Massa Katoda	135
4.1.3. <i>Current Efficiency</i> Katoda	138
4.1.4. <i>Scanning Electron Microscopy with Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy</i> (SEM-EDS)	139

4.1.4.1.	Pengamatan Topografi dan Morfologi Sampel.....	135
4.1.4.2.	Distribusi dan Komposisi Unsur	141
4.1.5.	Karakterisasi β -PbO ₂ dengan <i>X-Ray Diffraction</i>	144
4.1.6.	Karakterisasi Luas Permukaan dan Pori β -PbO ₂	145
4.2.	Degradasi Karet Alam	148
4.2.1.	Pengaruh Temperatur dan Waktu terhadap Degradasi Karet Alam (Tanpa Katalis).....	148
4.2.2.	Pengaruh Persentase Katalis dan Waktu pada Proses Degradasi Karet Alam (Berkatalis).....	154
4.2.3.	Distribusi Produk yang Teridentifikasi Selama Degradasi Karet Alam Tanpa Katalis dan Berkatalis	157
4.2.4.	Mekanisme Reaksi Degradasi Karet alam	168
4.2.5.	<i>Yield</i> Senyawa Hasil Degradasi Karet Alam tanpa Katalis dan Berkatalis.....	175
4.2.6.	Konversi Degradasi Karet Alam tanpa Katalis dan Berkatalis	176

DAFTAR PUSTAKA