

TESIS
PROSES PIROLISIS UNTUK MENINGKATKAN
PRODUKSI ASAP CAIR DENGAN VARIASI
TEMPERATUR, WAKTU, DAN UKURAN
CANGKANG SAWIT



HERLIN SUMARNA
NIM. 03032621923001

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2021

HALAMAN PENGESAHAN

PROSES PIROLISIS UNTUK MENINGKATKAN PRODUKSI ASAP CAIR DENGAN VARIASI TEMPERATUR, WAKTU, DAN UKURAN CANGKANG SAWIT

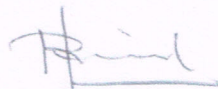
TESIS

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Master Teknik

Oleh:

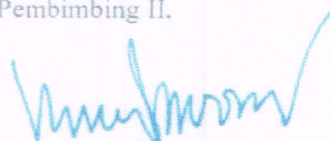
HERLIN SUMARNA
NIM. 03032621923001

Pembimbing I,



Prof. Ir. Rman Sipahutar, M.Sc., Ph.D.
NIP. 195606041986021001

Palembang, Januari 2021
Pembimbing II,



Dr. Ir. Irwin Bizzy, M.T.
NIP. 196005281989031002

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik



Prof. Ir. Subring Nasih, M.S., Ph.D.
NIP. 195009091987031004

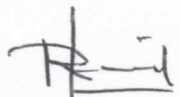
HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Tesis ini dengan judul “Proses Pirolisis Untuk Meningkatkan Produksi Asap Cair Dengan Variasi Temperatur, Waktu, dan Ukuran Cangkang Sawit” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 19 Januari 2021 dan dinyatakan sah.

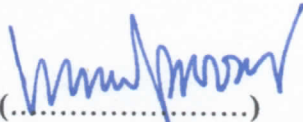
Palembang, 19 Januari 2021

Pembimbing :

1. Prof. Ir. Riman Sipahutar, M.Sc., Ph.D.
NIP. 195606041986021001

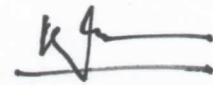

(.....)

2. Dr. Ir. Irwin Bizzy, M.T.
NIP. 196005281989031002

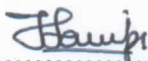

(.....)

Penguji :

1. Prof. Dr. Ir. H. Kaprawi, DEA
NIP. 195701181985031004


(.....)

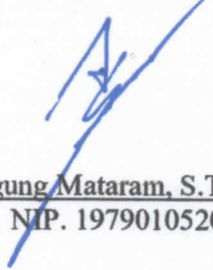
2. Dr. Dewi Puspitasari, S.T., M.T.
NIP. 197001151994122001


(.....)

3. Dr. Ir. Darmawi Bayin, M.T., M.T.
NIP. 195806151987031002


(.....)

Koordinator Program Studi Magister Teknik Mesin


Agung Mataram, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 197901052003121002

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Herlin Sumarna

NIM : 03032621923001

Judul : Proses Pirolisis Untuk Meningkatkan Produksi Asap Cair dengan
Variasi Temperatur, Waktu, dan Ukuran Cangkang Sawit

Menyatakan bahwa Tesis saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Tesis ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Palembang, Januari 2021



Herlin Sumarna

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala kebesaran-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan tesis yang berjudul “Pengaruh Parameter Proses Terhadap Produksi Asap Cair dari Pirolisis Cangkang Sawit”. Tesis ini ditulis dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik di Universitas Sriwijaya. Penulis menyadari bahwa tesis ini dapat diselesaikan berkat dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung memberikan kontribusi dalam penyelesaian tesis ini.

Secara khusus penulis juga mengucapkan terimakasih atas bimbingan, arahan, dan masukan dalam pembuatan tesis ini, kepada:

1. Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D sebagai Ketua Jurusan Teknik Mesin
2. Agung Mataram, S.T., M.T., Ph.D. sebagai Koordinator Program Studi Magister Teknik Mesin.
3. Prof. Ir. Riman Sipahutar, M.Sc., Ph.D. sebagai pembimbing I.
4. Dr. Ir. Irwin Bizzy, M.T. sebagai pembimbing II.
5. Dosen, Staf, Mahasiswa dan Alumni Fakultas Teknik khususnya Program Studi Magister Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.

Penulis juga mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Ubak, Umak, Adek Putri, Ayuk Emi, Kakak Danial, Ayuk Wiwid, dan Adek Nuri, serta atas doa dan dukungan semangatnya.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan pada penulisan tesis ini. Untuk itu, penulis mengharapkan saran, kritik, dan masukan yang membangun dari semua pihak. Semoga tesis ini dapat bermanfaat untuk pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya bidang Teknik Mesin.

Palembang, 19 Januari 2021

Penulis

RINGKASAN

PROSES PIROLISIS UNTUK MENINGKATKAN PRODUKSI ASAP CAIR DENGAN VARIASI TEMPERATUR, WAKTU, DAN UKURAN CANGKANG SAWIT

Karya tulis ilmiah berupa Tesis, 19 Januari 2020

Herlin Sumarna; dibimbing oleh Prof. Riman Sipahutar, M.Sc., Ph.D. dan Dr. Ir. Irwin Bizzy, M.T.

Program Studi Magister Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

Xv+ 80 Halaman, 8 Tabel, 27 Gambar

Pemanfaatan cangkang sawit memberikan kemungkinan untuk menghasilkan produk bernilai tambah seperti bahan kimia, karbon aktif, dll. Yangmana, hal tersebut merupakan suatu solusi ekonomi dan teknologi yang menarik. Pirolisis merupakan salah satu cara yang dapat digunakan untuk merubah cangkang sawit menjadi produk yang bernilai ekonomis lebih tinggi.

Dalam penelitian ini, pirolisis asap cair dilakukan dengan reaktor pirolisis tipe batch yang dilengkapi dengan pengaduk, untuk memudahkan penyebaran panas pirolisis. Selain itu proses kondensasi asap menjadi asap cair menggunakan air pendingin yang telah didinginkan oleh sistem refrigerasi. Dari faktor pendukung tersebut, dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh ukuran cangkang sawit, temperatur, dan waktu pirolisis terhadap produk asap cair yang dihasil. Dari penelitian ini akan diketahui kondisi optimum untuk menghasilkan asap cair. Selain itu, asap cair yang telah dihasilkan akan dilakukan pengujian dengan menggunakan alat *Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS) untuk menganalisa senyawa kimia domain yang dapat dalam asap cair. Cangkang sawit yang digunakan pada penelitian ini sebelumnya telah dilakukan pengujian sehingga dianalisa komponen yang terdapat pada cangkang sawit untuk dihubungkan dengan hasil pengujian asap cair.

Setelah dilakukan penelitian, didapatkan bahwa pengaruh parameter proses pirolisis dapat mempengaruhi hasil asap cair, selain itu, kandungan senyawa dominan pada cangkang sawit menentukan senyawa dominan yang terdapat pada asap cair.

Kata Kunci : Ukuran Cangkang Sawit, Waktu Pirolisis, Temperatur Pirolisis, Asap Cair.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	v
KATA PENGANTAR	vi
RINGKASAN	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Cangkang Kelapa Sawit	6
2.2 Pirolisis.....	7
2.2.1 Penggunaan Media Pada Proses Pirolisis.....	10
2.2.2 Macam-macam Produk Pirolisis	11
2.2.3 Pirolisis Selulosa, Hemiselulosa, dan Lignin	12
2.3 Asap Cair.....	17
2.3.1 Jenis-jenis Asap Cair.....	18
2.3.2 Komponen Asap Cair.....	19
2.3.3 %Yield.....	22

2.4 Eksperimental Pengaruh Temperatur dan Waktu Pirolisis	23
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Pendekatan Fungsional.....	28
3.2 Pendekatan Struktural	29
3.3 Jadwal Penelitian.....	30
3.4 Pertimbangan Penelitian.....	31
3.4.1 Waktu dan Tempat.....	31
3.4.2 Alat dan Bahan.....	31
3.4.3 Variabel Penelitian.....	32
3.5 Pengamatan.....	33
3.6 Prosedur Percobaan.....	33
3.6 Prosedur Pengambilan Data.....	37
3.7 Diagram Alir Penelitian	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Data Hasil Pengujian Cangkang Sawit	39
4.2 Pengaruh Parameter Terhadap Produk Pirolisis	40
4.2.1 Pengaruh Ukuran Cangkang Sawit Terhadap Yield	40
4.2.2 Pengaruh Waktu Pirolisis Terhadap Yield Asap Cair.....	43
4.2.3 Pengaruh Temperatur Pirolisis Terhadap Yield.....	45
4.3 Hasil Pengujian Asap Cair	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	49
5.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	33

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Komposisi Kimia Cangkang Kelapa Sawit.....	7
2.2 Standar kualitas asap cair di Jepang.....	17
2.3 Komposisi Komponen Senyawa Kimia Asap Cair	21
2.4 Hasil Pirolisis Cangkang Sawit.....	27
3.1 Jadwal Penelitian.....	30
3.2 Variabel Penelitian	32
3.3 Pengamatan Terhadap Asap Cair yang Dihasilkan.....	33
4.1 Komposisi Kimia Cangkang Kelapa Sawit.....	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Cangkang Kelapa Sawit	6
2.2 Komponen umum dalam biomassa tumbuhan	7
2.3 Skema Proses Pirolisis	9
2.4 Struktur dan Pirolisis Selulosa	12
2.5 Struktur Hemiselulosa.....	13
2.6 Pirolisis Pentosa	14
2.7 Struktur Lignin	15
2.8 Mekanisme pirolisis lignin dari kayu lunak	15
2.9 Mekanisme pirolisis lignin dari kayu keras	16
2.10 Hasil Asap Cair	17
2.11 Produksi Pirolisis Serbuk Kayu Meranti.....	23
2.12 <i>Schematic diagram of the fixed bed drop-type pyrolyzer</i>	23
2.13 Pengaruh Temperatur Pirolisis Terhadap Asap Cair yang Dihasilkan	24
2.14 Skema Peralatan Asap Cair.....	25
2.15 Produksi Asap Cair Terhadap Perlakuan Temperatur.....	26
2.16 Bagan Dapur Pirolisis dan Distilasi Sampah Organik	27
3.1 Eksperimental set-up.....	32
3.2 Diagram Alir Penelitian	38
4.1 Pengaruh Ukuran Cangkang Sawit Terhadap Yield pada Temperatur 300°C.....	40
4.2 Pengaruh Ukuran Cangkang Sawit Terhadap Yield pada Temperatur 325°C.....	41
4.3 Pengaruh Ukuran Cangkang Sawit Terhadap Yield pada Temperatur 350°C.....	42
4.4 Pengaruh Waktu Pirolisis Terhadap Yield Asap Cair pada Ukuran -3+5 mesh.....	43
4.5 Pengaruh Waktu Pirolisis Terhadap Yield Asap Cair pada Ukuran	

-5+7 mesh.....	44
4.6 Pengaruh Temperatur Pirolisis Terhadap Yield Asap Cair pada Ukuran	
-3+5 mesh.....	45
4.7 Pengaruh Temperatur Pirolisis Terhadap Yield Asap Cair pada Ukuran	
-5+7 mesh.....	46
4.8 Hasil Pengujian Asap Cair dengan GCMS	48
4.8 Hasil Pengujian Asap Cair Menggunakan GCMS	48

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
LAMPIRAN I Hasil Uji Komposisi Cangkang Sawit	55
LAMPIRAN II Data Hasil Penelitian	58
LAMPIRAN III Hasil Uji Asap Cair	65
LAMPIRAN IV Gambar.....	79

ABSTRACT

Herlin Sumarna. 03032621923001. Pyrolysis Process To Increase The Production of Liquid Smoke With Variations of Temperature, Time, and Palm Shell Size. Thesis, Palembang: Faculty of Engineering, Sriwijaya University, Januari 2021.

Palm kernel shell is solid waste which has the prospect of being reused to increase its economic value, one of which is converted into liquid smoke through a pyrolysis process. The pyrolysis batch reactor used is equipped with a stirrer and the smoke condensation process uses a refrigeration system to maintain cooling water at a temperature of 18°C. The yield of liquid smoke from the pyrolysis process was obtained by varying the size of the palm shells, pyrolysis temperature, and pyrolysis time. The palm kernel shells used are obtained from PT. Hindoli, Musi Banyuasin Regency, South Sumatra Province and the composition of the compound was tested first, with the results obtained by Cellulose 11.52%, Hemicellulose 2.68%, Lignin 76.22%, Water Content 12.18%, and Ash 3.19 %. The pyrolysis results obtained showed the effect of process parameters on the yield of liquid smoke with a maximum yield of 28.64% liquid smoke at 350°C pyrolysis temperature, 5 hours pyrolysis time, and -5+7 mesh palm shell size. Liquid smoke was tested using a Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) tool, the test results showed that 56.61% Phenol was the largest composition in liquid smoke. This result is due to the large amount of lignin contained in the palm kernel shell.

Mengetahui,
Koordinator Program Studi
Magister Teknik Mesin



Agung Mataram, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 197901052003121002

Palembang, 19 Januari 2021

Pembimbing,

Prof. Ir. Riman Sipahutar, M.Sc., Ph.D
NIP. 195606041986021001

ABSTRAK

Herlin Sumarna. 03032621923001. Proses Pirolisis Untuk Meningkatkan Produksi Asap Cair Dengan Variasi Temperatur, Waktu, dan Ukuran Cangkang Sawit. Tesis, Palembang: Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, Januari 2021.

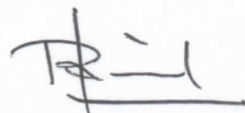
Cangkang sawit merupakan limbah padat yang memiliki prospek untuk dimanfaatkan kembali untuk meningkatkan nilai ekonominya, salah satunya dikonversi menjadi asap cair melalui proses pirolisis. Reaktor *Batch* pirolisis yang digunakan dilengkapi dengan pengaduk dan proses kondensasi asap menggunakan sistem refrigerasi untuk mempertahankan air pendingin pada temperatur 18°C. Rendemen asap cair dari proses pirolisis didapatkan dengan memvariasikan ukuran cangkang sawit, temperatur pirolisis, dan waktu pirolisis. Cangkang sawit yang digunakan diperoleh dari PT. Hindoli Kabupaten Musi Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan dan telah dilakukan pengujian komposisi senyawa terlebih dahulu, dengan hasil yang diperoleh Selulosa 11,52%, Hemiselulosa 2,68%, Lignin 76,22%, Kadar Air 12,18%, dan Abu 3,19%. Hasil pirolisis yang diperoleh menunjukkan adanya pengaruh parameter proses terhadap hasil produk asap cair dengan rendemen asap cair maksimum 28,64% pada Temperatur pirolisis 350°C, waktu pirolisis 5 jam, dan ukuran cangkang sawit -5+7 mesh. Asap cair dilakukan pengujian dengan menggunakan alat *Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS), hasil pengujian menunjukkan senyawa Phenol 56,61% merupakan komposisi terbanyak yang terdapat dalam asap cair. Hasil tersebut disebabkan oleh besarnya kandungan lignin yang terdapat pada cangkang sawit.

Mengetahui,
Koordinator Program Studi
Magister Teknik Mesin


Agung Mataram, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 197901052003121002

Palembang, 19 Januari 2021

Pembimbing,


Prof. Ir. Riman Sipahutar, M.Sc., Ph.D
NIP. 195606041986021001

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Konversi energi biomassa menjadi bentuk yang berguna dan berkelanjutan yang dapat memenuhi kebutuhan manusia dengan cara terbaik menjadi perhatian umum bagi para ilmuwan, insinyur, dan ahli teknologi. Dari sudut pandang transformasi energi, pirolisis menjadi pilihan yang menarik di antara berbagai proses konversi termokimia karena kesederhanaannya dan kemampuan mengkonversi biomassa menjadi minyak nabati (*bio-oil*) yang lebih tinggi. Pemanfaatan biomassa memberikan kemungkinan untuk menghasilkan produk bernilai tambah seperti bahan kimia, karbon aktif, dll. Hal tersebut merupakan suatu solusi ekonomi dan teknologi yang menarik.

Hasil data yang di dapatkan dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Palembang, produksi kelapa sawit tahun 2018 adalah sebesar 548 ton dengan luas lahan 220 hektar. Di Indonesia, perkebunan kelapa sawit mengalami perkembangan dengan pesat, sehingga terdapat banyak limbah dari bagian-bagian kelapa sawit. Dari Aktifitas produksi pabrik minyak kelapa sawit didapatkan limbah yang banyak, limbah terdapat dalam bentuk padat dan cair. Limbah dalam bentuk padat yang dihasilkan dari 100 ribu Ton Tandan buah segar (TBS) pertahun memiliki banyak jenis yaitu cangkang sawit sebesar 6 ribu Ton, serabut 12 ribu ton dan tandan buah kosong 23 ribu Ton.

Crude Palm Oil (CPO) merupakan produk hasil pengolahan buah sawit. Dari sisa pengolahan, selain menghasilkan CPO juga menghasilkan tandan kosong, cangkang sawit, dan serabut. Cangkang sawit merupakan salah satu limbah padat

yang memiliki prospek untuk dimanfaatkan kembali, sebagai bahan bakar boiler maupun sumber energy lainnya seperti biopellet. Selain itu, juga bisa dimanfaatkan menjadi karbon aktif maupun asap cair.

Pemanfaatan limbah untuk menghasilkan nilai ekonomis yang tinggi perlu untuk ditingkatkan mengingat saat ini cangkang sawit belum dimanfaatkan secara maksimal. Salah satunya pemanfaatan cangkang menjadi arang aktif melalui proses pembakaran sehingga arang aktif dapat digunakan sebagai katalisator. Selain sebagai katalisator, arang aktif dapat digunakan sebagai penyerap (adsorber). Hal tersebut bermanfaat untuk menghilangkan warna, bau dan juga rasa pada makanan atau minuman, selain itu dapat digunakan sebagai salah satu filter untuk membersihkan air yang sudah mengalami pencemaran baik dari segi warna, bau, dan zat kimia lainnya. Selain menggunakan proses pembakaran cangkang sawit, konversi cangkang menjadi asap cair dalam proses termal juga memberikan manfaat yang lebih besar dan dapat meminimalkan masalah pembuangan yang terkait dengan produk samping pertanian

Di Indonesia, pemanfaatan cangkang sawit mengutamakan produk arang, padahal jika dilihat dari sisa limbah gas sebesar 70-80% dalam bentuk asap tidak dimanfaatkan lagi melainkan dibuang di udara. Produk gas yang awalnya dibuang bebas ke udara dapat dimanfaatkan menjadi asap cair sehingga sehingga meningkatkan nilai tambah produk asap dan memberikan dampak lingkungan yang lebih baik.

Asap cair biasanya dihasilkan melalui proses pembakaran bahan bakar pada bagian luar reaktor sehingga terjadinya proses pirolisis dari bahan baku yang telah dilakukan pengujian kadar selulosa, hemiselulosa, dan juga lignin. Produk asap

cair yang dihasilkan akan dilakukan proses distilasi kembali untuk memisahkan senyawa yang tidak diharapkan atau senyawa berbahaya, senyawa tersebut sebagian besar merupakan tar. Pirolisis merupakan proses untuk mengkonversi biomassa sehingga mampu meningkatkan nilai ekonomis.

Pirolisis merupakan proses untuk mengkonversi biomassa dengan cara pemanasan reaktor tanpa ada sirkulasi oksigen yang ada di dalam reaktor. Proses pirolisis akan menghasilkan produk padat berupa arang, produk gas yang bisa dikondensasi, serta produk yang tidak bisa dikondensasi (NCG). Proses Pirolisis ada yang terjadi secara lambat dan cepat tergantung parameter dan jenis reaktor yang digunakan. Asap cair yang dihasilkan memiliki kualitas yang berbeda tergantung pada jenis jenis biomassa, temperatur pirolisis, ukuran partikel kayu, dan kadar air biomassa. Kualitas dan hasil cairan pirolisis (asap cair) dan gas pirolisis bergantung pada banyak variabel seperti parameter operasi (misalnya temperatur, waktu tinggal bahan baku), jenis dan komposisi biomassa, dan teknik pirolisis yang digunakan, termasuk jenis reaktor. Pirolisis biomassa dengan kandungan lignin yang tinggi menghasilkan cairan pirolisis dengan nilai kalori yang tinggi.

Banyak peneliti lainnya yang telah melakukan penelitian mengenai asap cair dengan proses pirolisis seperti pada penelitian Titiek Pujilestari (2010) yang menggunakan bahan baku cangkang kelapa sawit dengan mempertahankan temperatur pirolisis pada kisaran 250-400 °C dan pemanasan dihentikan jika sudah tidak ada lagi cairan dari pipa yang menetes. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Fauziati *et al* (2018) yang menggunakan bahan baku

cangkang kelapa sawit dengan memvariasikan temperatur pirolisis sedangkan waktu pirolisisnya didapatkan selama asap cair dihasilkan dari proses tersebut.

Demikian pula, telah diteliti oleh Ratnawati dan Singgih Hartanto (2010) yang melakukan proses pirolisis untuk menghasilkan asap cair yang menggunakan bahan baku berupa cangkang kelapa sawit, dalam penelitian tersebut dilakukan variasi temperatur pada saat pirolisis. Penelitian tersebut menjadikan waktu proses pirolisis dan ukuran bahan baku sebagai variabel tetap. Berdasarkan hal di atas, penulis akan melakukan penelitian yang bertujuan untuk meningkatkan produk asap cair dengan variasi temperatur, waktu, dan ukuran cangkang sawit dan melakukan pengujian produk asap cair untuk mengetahui senyawa kimia yang dominan dalam pembentukan asap cair dengan menggunakan alat *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana meningkatkan produksi asap cair dengan perlakuan variasi ukuran cangkang sawit, temperatur, dan waktu pirolisis.
2. Senyawa kimia apa yang dominan dalam pembentukan asap cair.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Meningkatkan produksi asap cair dengan perlakuan variasi ukuran cangkang sawit, temperatur, dan waktu pirolisis

2. Mengetahui senyawa kimia yang dominan dalam pembentukan asap cair dari pengujian *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS).

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian pirolisis cangkang sawit dengan memvariasikan ukuran cangkang sawit, temperatur pirolisis, dan waktu pirolisis dapat memberikan kondisi operasi pirolisis yang menghasilkan asap cair yang optimal, sehingga kondisi tersebut dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya. Dan secara teknis dapat meminimalisir asap yang tidak bisa terkondensasi dengan menggunakan sistem pendingin refrigerasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar. A., Rio Paindoman, and Pamilia Coniwanti. 2013. Pengaruh Variabel Waktu dan Temperatur Terhadap Pembuatan Asap Cair dari Limbah Kayu Pelawan (*Cyanometra Cauliflora*). No.1, Vol. 19.
- Albalasmeh, Ammar et al. 2020. "Characterization and Artificial Neural Networks Modelling of Methylene Blue Adsorption of Biochar Derived from Agricultural Residues: Effect of Biomass Type, Pyrolysis Temperature, Particle Size." *Journal of Saudi Chemical Society*. <https://doi.org/10.1016/j.jscs.2020.07.005>.
- Bridgwater, A. V., D. Meier, and D. Radlein. 1999. "An Overview of Fast Pyrolysis of Biomass." *Organic Geochemistry* 30(12): 1479–93.
- Elisabeth. J., dan Ginting. S.P.. 2003. "Pemanfaatan Hasil Samping Industri Kelapa Sawit Sebagai Bahan Pakan Ternak Sapi Potong." : 110–19.
- Fauziati, Fauziati, and Haspiadi Haspiadi. 2016. "Asap Cair Dari Cangkang Sawit Sebagai Bahan Baku Industri." *Jurnal Riset Teknologi Industri* 9(2): 177–86.
- Fauziati, Ageng Priatni, and Yuni Adiningsih. 2018. "Pengaruh Berbagai Suhu Pirolisis Asap Cair Dari Cangkang Sawit Sebagai Bahan Penggumpal Lateks the Effect of Various Pyrolysis Temperature of Liquid Smoke from Palm Shells as Latex Coagulant." *jurnal Riset Teknologi Industri* 12(2): 139–49.
- Fengel, D. and G. Wegener, 1995. Kayu: Kimia, Ultrastruktur, Reaksi-reaksi. Hardono Sastrohamidjojo (Penterjemah), Gadjah Mada University Press.
- Gadek, W. et al. 2016. "Gasification and Pyrolysis of Different Biomasses in Lab Scale System: A Comparative Study." *E3S Web of Conferences* 10(November).
- Gerard, J.P., 1992. Smoking, In: Technology of Meat and Meat Product, J.P. Girard and I. Morton (ed) Ellis Horword Limited, New York.
- Guedes, Raquel Escrivani, Aderval S. Luna, and Alexandre Rodrigues Torres. 2018. "Operating Parameters for Bio-Oil Production in Biomass Pyrolysis: A Review." *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 129: 134–49. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaap.2017.11.019>.
- Haji, Abdul Gani, and Gustan Pari. 2006. "Cangkang Kelapa Sawit Study on The Quality Charcoal , A Pyrolisis Product of Oil Palm Shells."
- Hermanto, Muhammad, and Salman Farizy. 2014. "Pembuatan Asap Cair dari Cangkang Karet sebagai Koagulan Lateks." 20(4): 14–21.
- Hossain, A. K., and P. A. Davies. 2013. "Pyrolysis Liquids and Gases as Alternative Fuels in Internal Combustion Engines - A Review." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 21: 165–89. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2012.12.031>.

- Kleinert, Mike, and Tanja Barth. 2008. "Towards a Lignin-cellulosic Biorefinery: Direct One-Step Conversion of Lignin to Hydrogen-Enriched Biofuel." *Energy and Fuels* 22(2): 1371–79.
- Lu, Qiang, Wen Zhi Li, and Xi Feng Zhu. 2009. "Overview of Fuel Properties of Biomass Fast Pyrolysis Oils." *Energy Conversion and Management* 50(5): 1376–83. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2009.01.001>.
- Maschio, G., C. Koufopoulos, and A. Lucchesi. 1992. "Pyrolysis, a Promising Route for Biomass Utilization." *Bioresource Technology* 42(3): 219–31.
- Maulina. S., Putri. F.S. 2017. "Pengaruh Suhu , Waktu , dan Kadar Air Bahan Baku Terhadap Pirolisis Serbuk Pelepah Kelapa Sawit." 6(2): 35–40.
- Mazlan. M.A.F. et al. 2015. "Characterizations of Bio-Char from Fast Pyrolysis of Meranti Wood Sawdust." doi :10.1088/1742-6596/622/1/012054.
- Nurhayati, Tjutju, Han Roliadi, and Nurliani Bermawie. 2005. "Production of Mangium (Acacia Mangium) Wood Vinegar and Its Utilization." *Indonesian Journal of Forestry Research* 2(1): 13–25.
- Oramahi, H.A., and Farah Diba. 2013. "Maximizing the Production of Liquid Smoke from Bark of Durio by Studying Its Potential Compounds." *Procedia Environmental Sciences* 17: 60–69. <http://dx.doi.org/10.1016/j.proenv.2013.02.012>.
- Qiram, Ikhwanul. 2015. "Pengaruh Variasi Temperatur Terhadap Kuantitas Char Hasil Pirolisis Serbuk Kayu Mahoni pada Rotary Kiln" *Jurnal Rekayasa Mesin* 6(1): 39–44.
- Ratnawati, and Singgih Hartanto. 2010. "Pengaruh Suhu Pirolisis Cangkang Sawit Terhadap Kuantitas dan Kualitas Asap Cair" *Jurnal Sains Material Indonesia* 12(1): 7–11.
- Sari. A., Utomo. B.S.B., dan Widiyanto. T.N. 2006. Rekayasa Penghasil Asap Cair untuk Produksi Ikan Asap Uji Coba Alat Penghasil Asap Cair Skala Laboratorium. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*. Vol. 1. No. 1.
- Slamet, Sugeng. 2015. "Studi Eksperimen Pemilihan Biomassa untuk Memproduksi Gas Asap Cair (*Liquid Smoke Gases*) Sebagai Bahan Pengawet." 6(1): 189–96.
- Sulhatun. 2012. "Pemanfaatan Asap Cair Berbasis Cangkang Sawit Sebagai Bahan Pengawet Alternative." *Jurnal Teknologi Kimia Unimal* 1(November): 91–100.
- Surest, Azhary H, Mayang Sofia Reza, and Debby Priyayi. "Pembuatan Asap Cair dari Kayu Akasia dan Uji Awal Kemampuannya Sebagai Bahan Bakar Cair." 19(4): 38–44.
- Uçar, Suat, and Selhan Karagöz. 2009. "The Slow Pyrolysis of Pomegranate Seeds: The Effect of Temperature on the Product Yields and Bio-Oil

- Properties.” *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 84(2): 151–56.
- Yang, Y. et al. 2018. “Slow Pyrolysis of Organic Fraction of Municipal Solid Waste (OFMSW): Characterisation of Products and Screening of the Aqueous Liquid Product for Anaerobic Digestion.” *Applied Energy* 213(January): 158–68. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.01.018>.
- Zandersons, Janis et al. 2009. “Pyrolysis and Smoke Formation of Grey Alder Wood Depending on the Storage Time and the Content of Extractives.” *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 85(1–2): 163–70.