



**ANALISIS KARAKTERISTIK TERMAL REAKTOR  
GELOMBANG MIKRO UNTUK *PYROLISIS*  
BERBAHAN BAKU MINYAK JELANTAH**

**SKRIPSI**

**Skripsi ini ditulis sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana  
Teknik Program Studi Teknik Mesin**

oleh

**Laily Shahadati**

**5212412047**

**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

**2016**

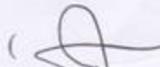
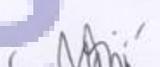
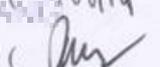
## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Laily Shahadati  
NIM : 5212412047  
Program Studi : Teknik Mesin S1  
Judul Skripsi : Analisis Karakteristik Termal Reaktor Gelombang Mikro untuk *Pyrolysis* Berbahan Baku Minyak Jelantah

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji dan diterima sebagai persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin S1, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

### Panitia Ujian

		Tanda Tangan	Tanggal
Ketua	: Rusiyanto, S.Pd., M.T. NIP. 197403211999031002	(  )	2/8/16
Sekretaris	: Samsudin Anis, S. T., M.T.Ph.D. NIP. 197601012003121002	(  )	2/8/16
Dewan Penguji			
Pembimbing I	: Samsudin Anis, S. T., M.T.Ph.D. NIP. 197601012003121002	(  )	2/8/16
Pembimbing II	: Dr. Wirawan Sumbodo, M.T. NIP. 196601051990021002	(  )	2/8/16
Penguji Utama	: Widya Aryadi, S.T., M.Eng. NIP. 197209101999031001	(  )	1/8/16

Ditetapkan tanggal :

Mengesahkan,  
Dekan Fakultas Teknik



Dr. Nur Qudus, M.T.  
NIP. 196911301994031001

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Laily Shahadati

NIM : 5212412047

Program Studi : Teknik Mesin S1

Fakultas : Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul “**Analisis Karakteristik Termal Reaktor Gelombang Mikro untuk Pyrolysis Berbahan Baku Minyak Jelantah**” ini merupakan hasil karya saya sendiri dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi manapun, dan sepanjang pengetahuan saya dalam skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Semarang, Juni 2016

Yang membuat pernyataan



Laily Shahadati

NIM. 5212412047

**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

## ABSTRAK

**Shahadati, Laily. 2016.** Analisis Karakteristik Termal Reaktor Gelombang Mikro untuk *Pyrolysis* Berbahan Baku Minyak Jelantah. Skripsi. Jurusan Teknik Mesin Fakultas teknik Universitas Negeri Semarang. Samsudin Anis, S. T., M.T.Ph.D. Dr. Wirawan Sumbodo, M.T.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan desain reaktor gelombang mikro untuk *pyrolysis* khususnya minyak jelantah, mengetahui pengaruh daya *microwave* terhadap karakteristik termal reaktor gelombang mikro dan mengetahui pengaruh penambahan *absorber* (arang) ke dalam minyak jelantah terhadap karakteristik termal reaktor gelombang mikro.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen yaitu untuk mengetahui sebab akibat berdasarkan perlakuan yang diberikan pada saat penelitian. Pada penelitian ini terdiri dari tahapan awal yaitu menyaring minyak jelantah, penambahan *absorber* (arang) dan di proses menggunakan *microwave* untuk mengetahui karakteristik termal pada minyak jelantah tersebut yang meliputi temperatur, laju pemanasan (*heating rate*) dan efisiensi termal. Variasi daya *microwave* yaitu 347W, 399W, 572W dan 642W.

Hasil penelitian bahwa reaktor yang digunakan berbahan keramik, dimana keramik adalah material yang sesuai dengan gelombang mikro karena bersifat transparan sehingga panas gelombang mikro langsung menuju minyak jelantah. Daya (*power*) pada *microwave* mempengaruhi karakteristik termal reaktor gelombang mikro, baik pada percobaan dengan menggunakan absorber (arang) maupun tidak. Hasil yang maksimal diperoleh pada daya 642 W selama 25 menit. Pada percobaan tanpa *absorber* mencapai suhu 186°C, laju pemanasan 6,44°C/menit dan efisiensi termal 16%. Sedangkan percobaan dengan *absorber* 50 gr mencapai suhu 420°C, laju pemanasan 15,8°C/menit dan efisiensi termal 35% serta untuk percobaan dengan *absorber* 100 gr mencapai suhu 480°C, laju pemanasan 18,2°C/menit dan efisiensi termal 53%. Penambahan *absorber* (arang) mempengaruhi suhu, laju pemanasan dan efisiensi termal. Pada penelitian ini hasil yang maksimal diperoleh pada penambahan *absorber* (arang) sebesar 100 gr.

Kata kunci : karakteristik termal, gelombang mikro, *pyrolysis*, bio-oil, minyak jelantah

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

### Motto

- Selalu bersyukur kepada Allah Swt.
- Jangan pernah putus asa untuk meraih cita-cita
- Hidup cuma sekali, jangan lupa jalan-jalan biar happy



### Persembahan

- Ibu Saefur Rohmah dan Bapak Shobirin yang selalu memberikan motivasi, doa dan semangat
- Adik-adikku Filsa Aura NF, Adilla Kamilatuz Z., Kayla Azzahra M.
- Mohammad Ainul Yaqien yang selalu memberikan semangat
- Sahabat-sahabatku
- Teman-teman TMS1 2012

## PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah Swt yang selalu memberikan rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Karakteristik Termal Reaktor Gelombang Mikro untuk *Pyrolysis* Berbahan Baku Minyak Jelantah”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi Strata-1 untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik, Program Studi Teknik Mesin S1, Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Dalam penyusunan skripsi ini tak lepas dari bantuan, bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Nur Qudus, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
2. Rusiyanto, S.Pd., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang.
3. Samsudin Anis, S. T., M.T.Ph.D. selaku Ketua Prodi Teknik Mesin S1 dan dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini.
4. Dr. Wirawan Sumbodo, M.T. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini.

5. Widya Aryadi, S.T., M.Eng. selaku dosen penguji utama yang telah memberikan masukan dan saran kepada penulis.
6. Dosen pengajar yang telah memberi bekal pengetahuan dan pengalaman selama belajar di Universitas Negeri Semarang.
7. Bapak dan Ibu yang selalu memberi dukungan baik moral maupun material.
8. Kepada semua teman yang telah membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung, yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bila dalam penulisan skripsi ini masih banyak kesalahan dan kekurangan, oleh karena itu penulis mohon maaf dan mengharapkan kritik dan saran yang membangun, semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua pihak.

Semarang, Juni 2016



Penulis

**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iii
ABSTRAK .....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	v
PRAKATA .....	vi
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN .....	x
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang Masalah .....	1
B. Identifikasi Masalah .....	5
C. Pembatasan Masalah .....	6
D. Rumusan Masalah .....	6
E. Tujuan Penelitian .....	6
F. Manfaat Penelitian .....	7
<b>BAB II. KAJIAN PUSTAKA</b>	
A. Kajian Teori .....	8
B. Kajian Penelitian yang Relevan .....	24
C. Kerangka Pikir Penelitian .....	27

D. Hipotesis Penelitian .....	28
<b>BAB III. METODE PENELITIAN</b>	
A. Bahan penelitian .....	29
B. Alat Penelitian .....	29
C. Rangkaian Alat .....	30
D. Tempat Penelitian .....	31
E. Waktu Penelitian .....	31
F. Prosedur Penelitian .....	32
1. Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian .....	32
2. Proses Penelitian .....	33
3. Data Penelitian .....	34
4. Analisis Data .....	36
<b>BAB IV. HASIL PENELITIAN</b>	
A. Hasil Penelitian .....	38
B. Pembahasan .....	43
C. Keterbatasan Penelitian .....	55
<b>BAB V. PENUTUP</b>	
A. Simpulan .....	56
B. Saran .....	57
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>58</b>

## DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

<b>Simbol</b>	<b>Arti</b>
$\Delta T$	Selisih temperatur mula-mula dan temperatur akhir ( $^{\circ}\text{C}$ )
$\Delta t$	Selisih waktu mula-mula dan waktu akhir (menit)
$T_1$	Temperatur mula-mula minyak jelantah ( $^{\circ}\text{C}$ )
$T_2$	Temperatur akhir minyak jelantah ( $^{\circ}\text{C}$ )
$t_1$	Waktu mula-mula (menit)
$t_2$	Waktu akhir (menit)
$P_{abs}$	Daya yang diserap oleh minyak jelantah (W)
$\bar{T}$	Rata-rata suhu awal dan akhir (K)
$t$	Waktu reaksi (s)
$\rho$	Density minyak jelantah ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )
$C_p$	Kapasitas panas minyak jelantah ( $\text{J}/\text{kgK}$ )
$h_i$	Koefisien perpindahan panas pada minyak jelantah ( $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ )
$A$	Luas penampang reaktor ( $\text{m}^2$ )
$\varepsilon$	Emisivitas pada reaktor
$\sigma$	Konstanta Stefan Boltzmann ( $5,67 \times 10^{-8} \text{ W}/\text{m}^2\text{K}^4$ )
$V$	Volume ( $\text{m}^3$ )
$N_u$	Bilangan Nusselt pada laju uap minyak jelantah (4,364)
$D$	Diameter pada reaktor (m)
$k$	Konduktivitas pada minyak jelantah ( $\text{W}/\text{mK}$ )
$\eta_p$	Efisiensi termal (%)

$P_{MW}$	Daya total pada <i>microwave</i> (W)
Q	Kalor (J)
l	Panjang (m)
h	Koefisien konveksi (W/m <sup>2</sup> K)
P	Daya radiasi/energi radiasi setiap waktu (W)
$\tan \delta$	<i>Loss tangent</i>
Hz	<i>Hertz</i>
W	<i>Watt</i>
V	<i>Volt</i>
MHz	<i>Mega Hertz</i>
GHz	<i>Giga Hertz</i>

<b>Singkatan</b>	<b>Arti</b>
BBM	Bahan Bakar Minyak
JBT	Jenis BBM Tertentu
APBN	Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara
KL	Kiloliter
FCC	Federal Communications Commission

## DAFTAR TABEL

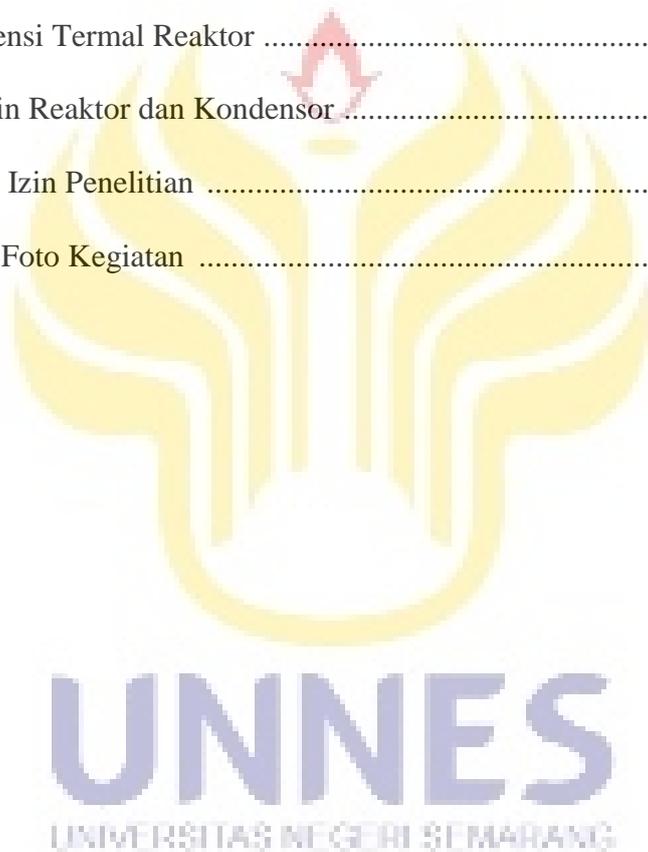
Tabel	Halaman
1.1 Kuota JBT APBN Tahun 2015 .....	1
2.1 <i>Loss tangent</i> , ( $\tan \delta$ ), pada beberapa bahan padat dan pelarut .....	20
2.2 Rentang parameter utama proses <i>pyrolysis</i> .....	21
2.3 Komposisi Asam lemak Minyak Inti Kelapa Sawit .....	24
3.1 Spesifikasi <i>Microwave</i> .....	31
3.2 Data pada Eksperimen tanpa <i>Absorber</i> .....	34
3.3 Data pada Eksperimen dengan <i>Absorber</i> 50 gr .....	35
3.4 Data pada Eksperimen dengan <i>Absorber</i> 100 gr .....	36
4.1 Data Eksperimen tanpa <i>Absorber</i> .....	38
4.2 Data Eksperimen dengan <i>Absorber</i> 50 gr .....	38
4.3 Data Eksperimen dengan <i>Absorber</i> 100 gr .....	38
4.4 Data Laju Pemanasan ( <i>Heating Rate</i> ) pada Eksperimen tanpa <i>Absorber</i>	39
4.5 Data Laju Pemanasan ( <i>Heating Rate</i> ) pada Eksperimen dengan <i>Absorber</i> 50 gr .....	40
4.6 Data Laju Pemanasan ( <i>Heating Rate</i> ) pada Eksperimen dengan <i>Absorber</i> 100 gr .....	40
4.7 Parameter Data untuk Perhitungan Efisiensi Termal .....	40
4.8 Data Efisiensi Termal pada Eksperimen tanpa <i>Absorber</i> .....	42
4.9 Data Efisiensi Termal pada Eksperimen dengan <i>Absorber</i> 50 gr .....	42
4.10 Data Efisiensi Termal pada Eksperimen dengan <i>Absorber</i> 100 gr .....	43

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Komponen Pemanasan secara Konvensional .....	15
2.2 Komponen <i>Microwave</i> .....	17
2.3 Komponen Pemanasan secara Gelombang Mikro .....	19
2.4 Karakteristik Sifat Material pada <i>Microwave</i> .....	20
2.5 Kerangka Pikir Penelitian .....	27
3.1 Reaktor Gelombang Mikro .....	30
3.2 Reaktor .....	30
3.3 Ice Water Bath .....	31
3.4 Diagram Alir Penelitian .....	32
4.1 Desain Reaktor .....	43
4.2 Grafik Temperatur pada Eksperimen tanpa <i>Absorber</i> .....	45
4.3 Grafik Temperatur pada Eksperimen dengan <i>Absorber</i> 50 gr .....	46
4.4 Grafik Temperatur pada Eksperimen dengan <i>Absorber</i> 100 gr .....	47
4.5 Grafik Laju Pemanasan pada Eksperimen tanpa <i>Absorber</i> .....	50
4.6 Grafik Laju Pemanasan pada Eksperimen dengan <i>Absorber</i> 50 gr .....	50
4.7 Grafik Laju Pemanasan pada Eksperimen dengan <i>Absorber</i> 100 gr .....	51
4.8 Grafik Efisiensi Termal pada Eksperimen .....	53

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Tabel Temperatur .....	61
2. Data Pengamatan pada Eksperimen .....	62
3. Laju Pemanasan .....	79
4. Efisiensi Termal Reaktor .....	82
5. Desain Reaktor dan Kondensor .....	90
6. Surat Izin Penelitian .....	92
7. Foto-Foto Kegiatan .....	93



# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang Masalah

Bahan Bakar Minyak (BBM) sangat penting dalam kehidupan. Namun, sekarang ini cadangan minyak bumi yang dihasilkan Indonesia semakin menipis sedangkan jumlah penduduk semakin bertambah serta jumlah penggunaan kendaraan bermotor juga semakin meningkat pula. Berikut merupakan rincian Kuota Jenis BBM Tertentu (JBT) Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara (APBN) Tahun 2015 sebesar ± 46 Juta KL per tahun :

**Tabel 1.1 Kuota JBT APBN Tahun 2015**

Jenis BBM	Kuota JBT APBN Tahun 2015 (KL)*		
	Pertamina	AKR	Total
Bensin RON 88	29.460.000	20.000	29.480.000
Minyak Solar	15.045.000	625.000	15.670.000
Minyak Tanah	850.000	-	850.000
Total	45.355.000	645.000	46.000.000

\* Kuota JBT APBN Tahun 2015 per badan usaha berdasarkan :  
PT Pertamina (Persero) : SK Nomor : 30/PSO/BPH MIGAS/KOM/2014  
PT AKR Corporindo Tbk. : SK Nomor : 31/PSO/BPH MIGAS/KOM/2014  
Sumber : <http://www.bphmigas.go.id/kuota-bbm/kuota-apbn-2015>

Semakin banyaknya penggunaan kendaraan bermotor dengan bahan bakar minyak bumi juga semakin memperbesar risiko terhadap tubuh manusia, karena sisa pembakaran (gas buang) bahan bakar kendaraan bermotor tersebut menghasilkan gas-gas yang berbahaya bagi kesehatan. Oleh karena itu,

dibutuhkan suatu bahan bakar alternatif untuk mencegah dan menanggulangi hal tersebut.

Kebutuhan minyak bumi yang semakin besar merupakan tantangan yang perlu diantisipasi dengan mencari sumber bahan bakar alternatif. Minyak bumi merupakan sumber energi tak terbarukan, butuh waktu jutaan tahun untuk mengkonversi bahan baku minyak bumi menjadi minyak bumi. Peningkatan jumlah konsumsi minyak bumi menyebabkan menipisnya jumlah minyak bumi.

Salah satu sumber energi alternatif yang dapat dijadikan bahan bakar yaitu biodiesel. Dari berbagai produk olahan minyak bumi yang digunakan sebagai bahan bakar paling banyak adalah bahan bakar diesel, karena kebanyakan alat transportasi, alat pertanian, peralatan berat dan penggerak generator pembangkit listrik menggunakan bahan bakar tersebut.

Menurut Setyadji dan Susiantini (2007), biodiesel merupakan bahan bakar dari minyak nabati, lemak hewani atau minyak goreng bekas yang memiliki sifat menyerupai minyak disel (solar). Biodiesel yang berupa metil ester atau etil ester mempunyai sifat-sifat yang baik sebagai pengganti bahan bakar diesel konvensional, seperti bilangan setana 50 sampai 52, kandungan sulfur yang rendah, adanya kandungan oksigen, viskositas yang cukup rendah dan nilai kalori yang cukup tinggi (Hanif, 2009). Biodiesel juga merupakan sumber energi terbarukan (*renewable*) dengan komposisi ester asam lemak dari minyak nabati antara lain minyak kelapa, minyak kelapa sawit, minyak jarak, minyak biji kapuk dan masih banyak macam tumbuhan di Indonesia yang berpotensi untuk dijadikan biodiesel.

Minyak goreng bekas (minyak jelantah) merupakan salah satu bahan baku yang memiliki potensi untuk dijadikan biodiesel, di samping biaya yang murah, minyak jelantah juga mudah didapatkan. Minyak jelantah yang tadinya hanya dibuang begitu saja akan lebih baik jika dapat ditingkatkan nilai gunanya, misalnya dijadikan biodiesel.

Pengolahan biodiesel dapat dilakukan dengan proses esterifikasi dan transesterifikasi dimana proses tersebut dinamakan proses secara kimia serta dapat pula menggunakan proses *pyrolysis* yang dinamakan proses secara termo kimia. Sekarang ini sedang marak pembuatan biodiesel menggunakan proses *pyrolysis* dimana metode *pyrolysis* adalah proses dekomposisi kimia bahan organik melalui proses pemanasan tanpa melibatkan oksigen (Suryawan, 2013). Metode *pyrolysis* ada tiga tipe diantaranya *flash pyrolysis*, *fast pyrolysis* dan *slow pyrolysis*. Dalam hal ini, tipe *fast pyrolysis* merupakan salah satu proses relatif baru dalam menghasilkan energi terbarukan. Semakin cepat dan tinggi temperatur operasi, semakin banyak produk *bio-oil* yang dihasilkan (Mande dalam Fachrizal, dkk., 2012).

Pembuatan biodiesel pada umumnya dilakukan secara konvensional dan gelombang mikro. Metode konvensional memerlukan waktu yang relatif lama sedangkan metode gelombang mikro memerlukan waktu yang singkat dan menghasilkan *bio-oil* yang banyak. Untuk pemanasan *microwave*, ada dua frekuensi yang dimiliki oleh *Federal Communications Commission (FCC)* untuk industri, ilmiah dan medis (ISM) dengan tujuan yang umum digunakan frekuensinya yaitu 0,915 dan 2,45 GHz (Fernandez, dkk., 2012). Gelombang

mikro mempunyai karakteristik yang berbeda dengan pemanasan konvensional, karena panas dibangkitkan secara internal akibat getaran molekul-molekul bahan yang akan dipanaskan oleh gelombang mikro. Pemanasan dengan gelombang mikro mempunyai kelebihan yaitu pemanasan lebih merata serta pemanasannya juga dapat bersifat selektif artinya tergantung dari dielektrik *properties* bahan (Handayani, 2010).

Selain dielektrik, hal yang perlu diperhatikan adalah desain reaktor yang baik, material yang sesuai untuk reaktor gelombang mikro dan material yang sesuai untuk proses *bio-oil*.

Ada 3 (tiga) sifat bahan yang diperkenankan gelombang mikro yaitu *absorber*, *transmisi* dan *refleksi*. Sifat *absorber* dalam *microwave* sesuai untuk proses dalam menghasilkan *bio-oil* karena gelombang mikro dapat langsung masuk ke media yang akan dipanaskan. Sifat *transmisi* dalam *microwave* juga sesuai untuk reaktor karena proses perpindahan panas yang terjadi dapat berlangsung cepat dan sifat *refleksi* dalam *microwave* terdapat pada material dinding *microwave* yang mempermudah dalam memantulkan gelombang elektromagnetik. Oleh karena itu, desain reaktor untuk proses *pyrolysis* harus sesuai dengan sifat-sifat gelombang mikro.

Dalam penelitian ini, *liquid* yang akan digunakan sebagai bahan baku proses *pyrolysis* bersumber dari minyak jelantah dan akan dianalisis karakteristik termalnya yang meliputi temperatur, laju pemanasan dan efisiensi termal. Minyak jelantah diharapkan memiliki sifat *absorber* dalam prosesnya agar mudah mengetahui karakteristik termalnya. Disamping itu, penambahan *absorber* juga

sangat mempengaruhi dalam proses. Ada beberapa *absorber* yang dapat digunakan diantaranya arang, silikon karbida, feromagnetik dan lain-lain. Dalam hal ini, arang akan digunakan sebagai bahan *absorber* karena mudah di dapat dan ekonomis. Jadi penelitian ini akan dipusatkan pada *study* karakteristik termal reaktor gelombang mikro dan pengaruh penambahan *absorber* yaitu arang dalam minyak jelantah terhadap karakteristik termal.

## **B. Identifikasi Masalah**

Beberapa masalah yang dapat diidentifikasi dari latar belakang adalah :

1. Proses produksi biodiesel dipengaruhi oleh metode pengolahan.
2. Proses *pyrolysis* menggunakan metode konvensional memiliki hasil yang berbeda dengan metode gelombang mikro.
3. Proses *pyrolysis* dengan gelombang mikro dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti material yang diproses (minyak jelantah), material reaktor, daya *microwave* dan waktu pancaran radiasi.
4. Distribusi suhu dalam reaktor perlu diketahui untuk menentukan efisiensi termal sistem.
5. Minyak jelantah sebagai bahan baku perlu diuji karakteristik secara termal dalam reaktor gelombang mikro.
6. Desain dan pemilihan material untuk reaktor gelombang mikro sangat menentukan karakteristik termal sistem.

### C. Pembatasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang diuraikan maka permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah dibatasi untuk mengetahui bagaimanakah karakteristik termal reaktor gelombang mikro untuk *pyrolysis* dengan bahan baku minyak jelantah dimana karakteristik tersebut dipengaruhi oleh daya (*power*) *microwave*, waktu radiasi dan material *absorber* (arang).

### D. Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana desain reaktor gelombang mikro untuk *pyrolysis* dengan bahan baku minyak jelantah?
2. Bagaimanakah pengaruh daya (*power*) *microwave* terhadap karakteristik termal?
3. Bagaimana pengaruh penambahan *absorber* (arang) terhadap karakteristik termal?

### E. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mendapatkan desain reaktor gelombang mikro untuk *pyrolysis* biomassa khususnya minyak jelantah.
2. Mengetahui pengaruh daya *microwave* terhadap karakteristik termal reaktor gelombang mikro.

3. Mengetahui pengaruh penambahan *absorber* (arang) ke dalam minyak jelantah terhadap karakteristik termal reaktor gelombang mikro.

## **F. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk ilmu pengetahuan :
  - a. Memanfaatkan bahan yang sudah tidak terpakai dijadikan bahan yang bermanfaat bagi kehidupan.
  - b. Dapat memberikan wawasan yang lebih luas mengenai bahan bakar yang dapat diperbarui.
  - c. Memberikan solusi akan ketergantungan menggunakan bahan bakar fosil yang merupakan bahan bakar yang tidak dapat diperbarui
  - d. Memberikan alternatif bahan baku minyak jelantah dijadikan biodiesel guna mengatasi menipisnya bahan bakar fosil.
2. Untuk pembangunan :
  - a. Dapat berhemat dan mengurangi polusi udara dengan menggunakan bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan.
  - b. Mengurangi pemakaian bahan bakar fosil yang semakin langka dan mahal dengan bahan bakar yang murah dan dapat digantikan.
  - c. Menghemat devisa negara yang selama ini banyak digunakan untuk mensubsidi bahan bakar fosil.

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA

#### A. Kajian Teori

##### 1. Karakteristik Termal

###### a. Suhu (*Temperature*)

Suhu menunjukkan derajat panas benda. Mudahnya, semakin tinggi suhu suatu benda, semakin panas benda tersebut. Secara mikroskopis, suhu menunjukkan energi yang dimiliki oleh suatu benda. Setiap atom dalam suatu benda masing-masing bergerak, baik itu dalam bentuk perpindahan maupun gerakan di tempat getaran.

Makin tingginya energi atom-atom penyusun benda, makin tinggi suhu benda tersebut. Suhu juga disebut temperatur yang diukur dengan alat termometer. Empat macam termometer yang paling dikenal adalah Celsius, Reamur, Fahrenheit dan Kelvin. Perbandingan antara satu jenis termometer dengan termometer lainnya mengikuti :

$$C : R : (F-32) = 5 : 4 : 9 \dots\dots\dots (2.1)$$

$$K = C + 273^{\circ} \dots\dots\dots (2.2)$$

Secara kualitatif, kita dapat mengetahui bahwa suhu adalah sensasi dingin atau hangatnya sebuah benda yang dirasakan ketika menyentuhnya. Secara kuantitatif, kita dapat mengetahuinya dengan menggunakan termometer. Suhu dapat diukur dengan menggunakan termometer yang berisi air raksa atau alkohol. Kata termometer ini diambil dari dua kata yaitu thermo yang artinya panas dan meter yang artinya mengukur (*to measure*).

### b. Laju Pemanasan (*Heating Rate*)

Laju pemanasan dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Qiram, 2015):

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = \frac{T_1 - T_2}{t_2 - t_1} \text{ (}^\circ\text{C/menit)} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

$T_1$  = Temperatur mula-mula minyak jelantah ( $^\circ\text{C}$ )

$T_2$  = Temperatur akhir minyak jelantah ( $^\circ\text{C}$ )

$t_1$  = waktu mula-mula (menit)

$t_2$  = waktu akhir (menit)

Selanjutnya dihitung nilai rata-rata laju pemanasan ( $^\circ\text{C/menit}$ ).

### c. Efisiensi Termal Microwave

Efisiensi termal *microwave* dapat di evaluasi dengan terlebih dahulu menghitung dayanya dengan rumus sebagai berikut (Cherbanski dan Molga, 2009) :

$$P_{abs} = \left[ \rho C_p \left( \frac{T_2 - T_1}{t} \right) V \right] + [h_i A (T_2 - T_1)] + [\varepsilon \sigma A \bar{T}^4] \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

$P_{abs}$  = Daya yang diserap oleh minyak jelantah (W)

$T_1$  = temperatur mula-mula minyak jelantah (K)

$T_2$  = temperatur akhir minyak jelantah (K)

$\bar{T}$  = rata-rata suhu awal dan akhir (K)

- $t$  = waktu reaksi (s)  
 $\rho$  = *density* minyak jelantah ( $\text{kg/m}^3$ )  
 $C_p$  = kapasitas panas minyak jelantah ( $\text{J/kgK}$ )  
 $h_i$  = koefisien perpindahan panas pada minyak jelantah ( $\text{W/m}^2\text{K}$ )  
 $A$  = luas penampang reaktor ( $\text{m}^2$ )  
 $\varepsilon$  = emisivitas pada reaktor  
 $\sigma$  = konstanta Stefan Boltzmann ( $5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$ )  
 $V$  = Volume ( $\text{m}^3$ )

Untuk menghitung  $P_{abs}$ , terlebih dahulu menghitung nilai  $h_i$ , dimana  $N_u = 4,364$  karena reaktor *microwave* tersebut memiliki fluks kalor konstan pada permukaan dan mempunyai aliran laminar. Maka, dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (Holman, 1996) :

$$N_u = \frac{h_i D}{k} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan :

- $N_u$  = Bilangan Nusselt pada laju uap minyak jelantah (4,364)  
 $h_i$  = koefisien perpindahan panas pada minyak jelantah ( $\text{W/m}^2\text{K}$ )  
 $D$  = diameter pada reaktor (m)  
 $k$  = konduktivitas pada minyak jelantah ( $\text{W/mK}$ )

Nilai  $k$  dapat dilihat pada tabel yang disajikan di Lampiran 1.

Kemudian efisiensi termal reaktor dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (Cherbanski dan Molga, 2009) :

$$\eta_p = \frac{P_{abs}}{P_{MW}} \times 100 \% \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

$\eta_p$  = efisiensi termal (%)

$P_{abs}$  = Daya yang diserap minyak jelantah (W)

$P_{MW}$  = Daya total pada *microwave* (W)

## 2. Perpindahan Kalor

Perpindahan kalor dapat didefinisikan sebagai suatu proses berpindahnya suatu energi (kalor) dari satu daerah ke daerah lain akibat adanya perbedaan suhu pada daerah tertentu. Macam-macam proses perpindahan kalor yaitu :

### a. Perpindahan kalor secara konduksi

Perpindahan kalor secara konduksi adalah proses perpindahan kalor dimana kalor mengalir dari daerah yang bersuhu tinggi ke daerah yang bersuhu rendah dalam suatu medium (padat, cair atau gas) atau antara medium-medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung. Secara umum laju aliran kalor secara konduksi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (Holman dalam Awwaluddin, 2007) :

$$\frac{Q}{t} = \frac{kA\Delta T}{l} \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan :

$Q$  = kalor (J)

$k$  = konduktivitas termal (W/mK)

$t$  = waktu (s)

$A$  = luas penampang ( $m^2$ )

$l$  = panjang (m)

$T$  = suhu (K)

### **b. Perpindahan kalor secara konveksi**

Perpindahan kalor secara konveksi adalah proses transport energi dengan kerja gabungan dari konduksi kalor, penyimpanan energi dan gerakan mencampur. Konveksi sangat penting sebagai mekanisme perpindahan energi antara permukaan benda padat, cair atau gas.

Perpindahan kalor secara konveksi dari suatu permukaan yang suhunya di atas suhu fluida di sekitarnya berlangsung dalam beberapa tahap. Pertama, kalor akan mengalir dengan cara konduksi dari permukaan ke partikel-partikel fluida yang berbatasan. Energi yang berpindah dengan cara demikian akan menaikkan suhu dan energi dalam partikel-partikel fluida tersebut. Kedua, partikel-partikel tersebut akan bergerak ke daerah suhu yang lebih rendah dimana partikel tersebut akan bercampur dengan partikel-partikel fluida lainnya. Laju perpindahan kalor dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (Holman dalam Awwaluddin, 2007) :

$$\frac{Q}{t} = hA\Delta T \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan :

Q = kalor (J)

h = koefisien konveksi ( $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ )

t = waktu (s)

A = luas penampang ( $\text{m}^2$ )

T = suhu (K)

### c. Perpindahan kalor secara radiasi

Perpindahan kalor secara radiasi adalah proses perpindahan kalor yang tidak menggunakan zat perantara. Perpindahan kalor secara radiasi berbeda dengan konduksi dan konveksi.

Pada Radiasi, agar terjadinya perpindahan kalor, kedua benda tidak harus bersentuhan karena kalor dapat berpindah tanpa zat perantara. Artinya kalor tersebut akan di pancarkan ke segala arah oleh sumber panas, dan akan mengalir ke segala arah. Perpindahan kalor secara radiasi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (Holman, 1996) :

$$P = \frac{Q}{t} = \varepsilon \sigma AT^4 \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan :

P = daya radiasi/energi radiasi setiap waktu (W)

Q = kalor (J)

t = waktu (s)

$\varepsilon$  = emisivitas bahan

$A$  = luas penampang ( $m^2$ )

$T$  = suhu (K)

$\sigma$  = konstanta Stefan Boltzmann ( $5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$ )

### 3. Metode Pemanasan

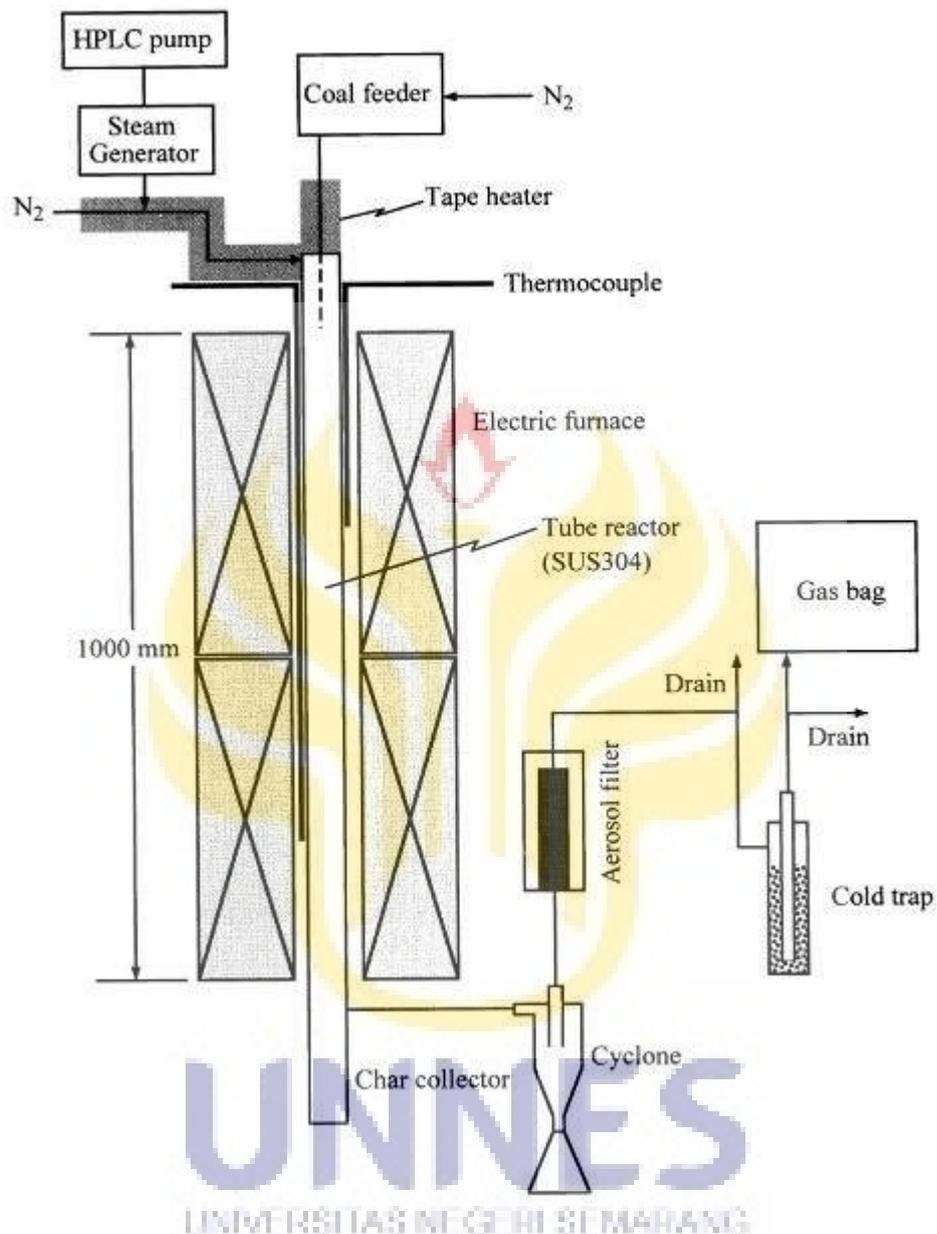
#### a. Konvensional

Pembuatan biodiesel umumnya dilakukan dengan pemanasan secara konvensional baik proses *batch*, *kontinyu* maupun *super kritisal* fluida melalui pindah panas dari sumber panas konvensional seperti *heat exchanger* atau pemanasan langsung dari *heater*.

Esterifikasi maupun transesterifikasi dengan pemanasan secara konvensional yaitu dengan energi panas dipindahkan ke bahan baku melalui konveksi, konduksi dan radiasi dari bagian permukaan bahan baku. Alat pemanas akan memanaskan wadah bahan baku dimana panas dipindahkan dari lingkungan.

Oleh karena itu pemanasan secara konvensional menghabiskan lebih banyak energi dan membutuhkan waktu reaksi lama (Lertsathapornasuk, dkk dalam Umami, 2015). Berikut adalah contoh komponen pemanasan konvensional :

UNNES  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG



**Gambar 2.1** Komponen Pemanasan secara Konvensional  
 Sumber : Hayashi, dkk, 2000

### ***b. Microwave***

Sejak *Percy Spencer* menemukan kemungkinan memasak makanan dengan *microwave* di tahun 1940-an, penelitian tentang pemanasan *microwave* terus berlanjut. Arus investigasi penerapan teknologi *microwave* di sejumlah bidang

mungkin menyebabkan penghematan yang signifikan pada konsumsi energi dan waktu proses.

Selain itu, fenomena pemanasan internal dengan energi gelombang mikro yang unik dapat meningkatkan kualitas produksi secara keseluruhan, yang memungkinkan untuk pengembangan produk baru dan proses yang tidak dapat direalisasikan dengan menggunakan metode konvensional (Fernandez dkk, 2012).

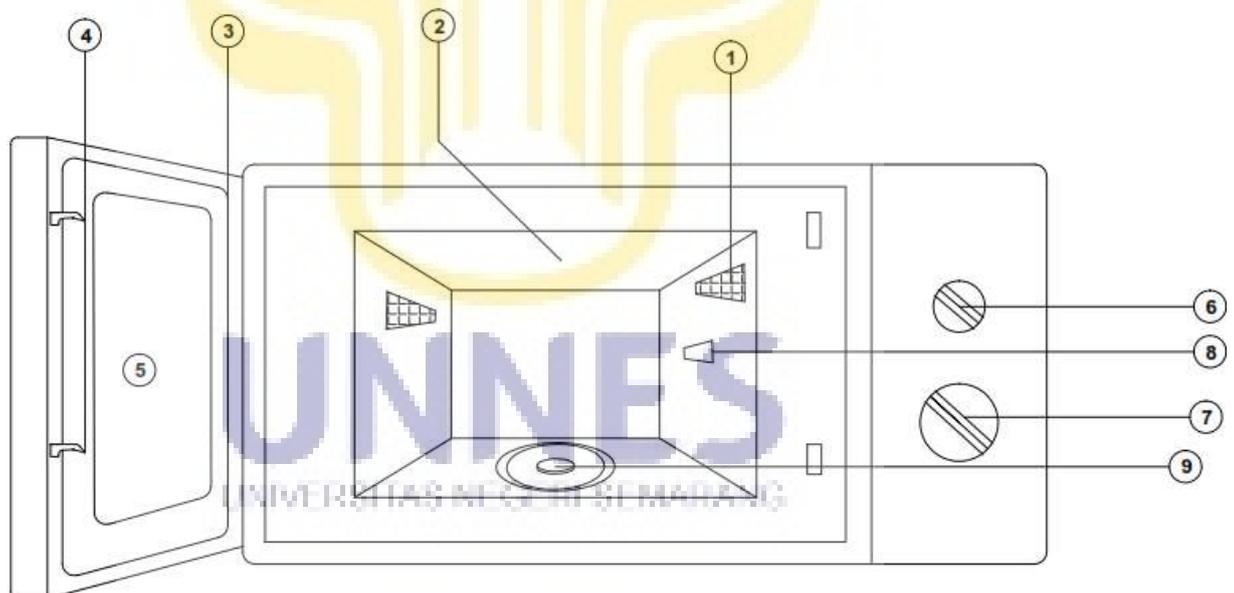
Gelombang mikro merupakan alternatif sumber energi yang dapat digunakan untuk mensuplai energi dalam reaksi kimia dan proses. Melalui pemanasan dielektrik, campuran reaksi dapat bercampur secara homogen tanpa kontak dengan dinding. Waktu yang diperlukan untuk reaksi secara keseluruhan dapat tereduksi secara signifikan (Santoso dalam Umami, 2015).

Pemanasan dengan gelombang mikro mempunyai karakteristik yang berbeda dengan pemanasan konvensional, karena panas dibangkitkan secara internal akibat getaran molekul-molekul bahan yang akan dipanaskan oleh gelombang mikro. Pemanasan dengan gelombang mikro mempunyai kelebihan yaitu pemanasan lebih merata serta pemanasannya juga dapat bersifat selektif artinya tergantung dari dielektrik *properties* bahan (Handayani, 2010). Hal ini akan menghemat energi untuk pemanasan energi *microwave* diberikan atau dihantarkan secara langsung pada molekul-molekul yang bereaksi melalui reaksi kimia. Perpindahan panas menggunakan *microwave* lebih efektif daripada pemanasan secara konvensional dimana panas dipindahkan dari lingkungan (Lertsathapornsuk, dkk. dalam Umami, 2015).

Gelombang mikro adalah pembangkit panas. Karena interaksi antara gelombang mikro dengan bahan biodiesel berlangsung dalam skala molekuler, maka dengan pemanfaatan gelombang mikro sebagai pembangkit panas, waktu reaksi akan berjalan lebih cepat (Widodo, dkk, 2007). Pemanasan dengan gelombang mikro lebih menguntungkan jika dibandingkan pemanasan metode konvensional, dimana pemanasannya sangat lambat dan tidak efisien karena transfer energi ke bahan tergantung pada arus konveksi dan konduktivitas termal campuran reaksi (Refaat and El Sheltawy dalam Majid dkk, 2012).

### 1) Komponen microwave

Komponen *microwave* dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut ini :



**Gambar 2.2** Komponen *Microwave*

a. Keterangan :

1. Lampu Oven

Secara otomatis menyala bila pintu di buka atau selama memasak untuk menerangi *cavity*.

2. *Cavity*

Ruang tempat memasak dimana terdapat medan listrik gelombang mikro.

3. Pintu (*door*)

Tempat keluar-masuknya makanan dan menghalangi keluarnya gelombang mikro dan emisi panas ke pemakai pada saat memasak.

4. Pengancing pintu (*door latch*)

Untuk mengaitkan pintu agar menutup dengan rapat.

5. Layar kaca jendela (*window screen*)

Layar tembus pandang untuk melihat makanan tetapi tidak dapat dilewati oleh gelombang mikro.

6. *Control Panel*

Tombol pengatur keluaran daya gelombang mikro dan untuk memilih fungsi.

7. *Control Panel*

Tombol pengatur keluaran waktu radiasi gelombang mikro dalam satuan menit.

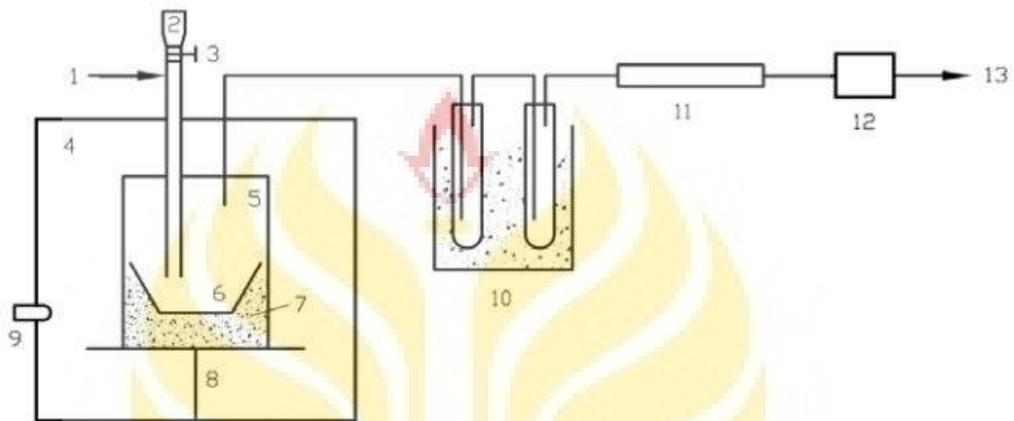
8. Pemandu gelombang (*wave guide*)

Saluran transmisi yang terbuat dari logam yang berongga udara sehingga gelombang mikro dapat merambat dari magnetron ke *cavity*.

9. Meja putar (*turn table*)

Memutar wadah makanan agar makanan dimasak dengan merata.

Berikut ini merupakan contoh dari komponen pemanasan dengan gelombang mikro mikro :



**Gambar 2.3** Komponen Pemanasan secara Gelombang Mikro  
Sumber : Wang, dkk. , 2009

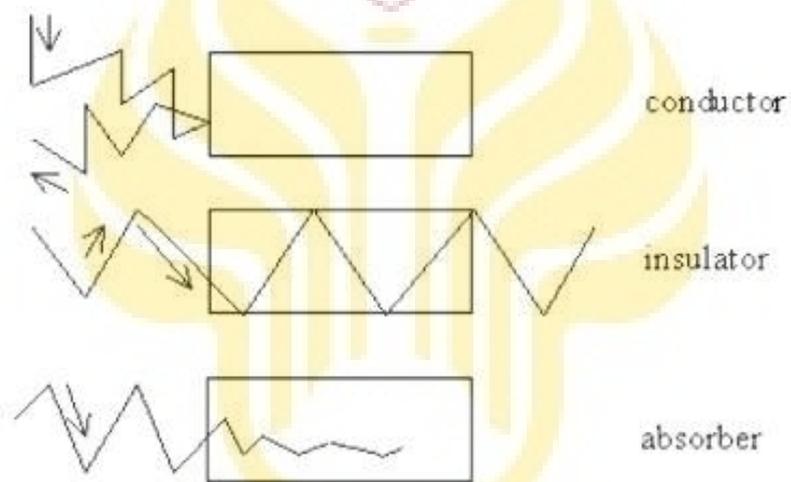
Keterangan :

1. *Carrier gas*
2. *Silo*
3. *Valve*
4. *Microwave oven*
5. *Reactor*
6. *Crucible*
7. *Microwave absorbent*
8. *Bracket*
9. *Infrared pyrometer*
10. *Ice water tank*
11. *Filter*
12. *Infrared gas analyzer*
13. *Gas bag*

## 2) Interaksi material dengan gelombang mikro.

Interaksi material dengan gelombang mikro ada 3 yaitu sifat *adsorber* yang merupakan penyerapan *microwave* pada bahan yang akan di proses, sifat *transmisi* yang mempermudah proses perpindahan panas ke media dan sifat *refleksi* yang membantu panas dipantulkan ke seluruh media agar panas merata.

Tiga jenis material yang diperkenankan gelombang mikro adalah :



**Gambar 2.4 Karakteristik Sifat Material pada Microwave**  
 Sumber : Jones dkk., 2002

*Loss tangent* adalah nilai/angka dimana material dapat diserap dengan maksimal, semakin tinggi nilai *loss tangent* semakin material tersebut baik dalam produksi. Berikut ini merupakan daftar *loss tangent*, ( $\tan \delta$ ), pada beberapa bahan padat dan pelarut :

**Tabel 2.1 *Loss tangent*, ( $\tan \delta$ ), pada beberapa bahan padat dan pelarut**

Bahan	$\tan \delta$	Bahan	$\tan \delta$
<i>Ethylene glycol</i>	1,350	<i>Coconut activated carbon</i>	1,646
<i>Ethanol</i>	0,941	<i>Dried EFB (oil palm empty fruit bunch)</i>	0,134

		<i>char</i>	
<i>2-propanol</i>	0,799	<i>EFB sample with 18 wt.% moisture</i>	0,297
<i>Formic acid</i>	0,722	<i>EFB sample with 45 wt.% moisture</i>	0,535
<i>Methanol</i>	0,659	<i>EFB sample with 64 wt.% moisture</i>	0,324
<i>1-butanol</i>	0,571	<i>Plexiglass</i>	$5,7 \times 10^{-3}$
<i>2-butanol</i>	0,447	<i>Porcelain No 4462</i>	$1,1 \times 10^{-3}$
<i>Acetic acid</i>	0,174	<i>Borosilicate glass</i>	$1,06 \times 10^{-3}$
<i>Water</i>	0,123	<i>Ceramic F-66</i>	$5,5 \times 10^{-4}$
<i>Acetone</i>	0,054	<i>Polyethylene</i>	$3,1 \times 10^{-4}$
<i>Dichloromethane</i>	0,042	<i>Teflon PFA</i>	$1,5 \times 10^{-4}$
<i>Toluene</i>	0,040	<i>Fused quartz</i>	$6 \times 10^{-5}$

Sumber : Yin, 2012

#### 4. *Pyrolysis*

*Pyrolysis* adalah proses dekomposisi kimia bahan organik melalui proses pemanasan tanpa melibatkan oksigen. Bahan yang biasa digunakan untuk proses *pyrolysis* adalah batu bara, limbah manusia dan hewan, sisa makanan, kertas, plastik dan biomassa (Suryawan, 2013).

Produk utama yang dihasilkan dari *pyrolysis* adalah arang (*char*), minyak dan gas. Arang yang terbentuk dapat digunakan untuk bahan bakar ataupun digunakan sebagai karbon aktif. *Bio-oil* yang dihasilkan dapat digunakan sebagai zat aditif atau campuran dalam bahan bakar. Sedangkan gas yang terbentuk dapat dibakar secara langsung (Sampath dan Babu dalam Sukseswati, 2010).

*Pyrolysis* dibedakan menjadi tiga tipe : *flash pyrolysis*, *fast pyrolysis* dan *slow pyrolysis* berdasarkan temperatur, laju pemanasan dan waktu tinggal. Produk yang dihasilkan sangat tergantung pada tipe dari *pyrolysis*.

**Tabel 2.2 Rentang parameter utama proses *pyrolysis***

Teknologi pirolisis	Waktu tinggal (s)	Tingkat pemanasan (K/s)	Suhu (K)
Slow	450 – 550	0,1 – 1	550 – 950
Fast	0,5 – 10	10 – 200	850 – 1250
Flash	< 0,5	>1000	1050 – 1300

Sumber : Elias dalam Fernandez, dkk., 2012

Produk yang digunakan untuk proses *pyrolysis* adalah *liquid fraction*. Menurut Fernandez dkk., (2012), konsentrasi dan karakteristik setiap produk dapat bervariasi sesuai dengan karakteristik bahan dan kondisi operasi dari proses *pyrolysis*.

*Liquid fraction* (fraksi cair) adalah minyak pirolisis yang merupakan campuran kompleks dari beberapa senyawa organik yang mungkin disertai dengan spesies anorganik. Dalam kasus *biomassa*, fraksi cair atau minyak (*bio-oil*) ditemukan untuk menjadi sangat oksigen dan kompleks, kimia tidak stabil dan kurang larut dalam bahan bakar konvensional (Demirbas dalam Fernandez dkk., 2012).

Dengan demikian, produk cair masih perlu ditingkatkan dengan menurunkan kandungan oksigen dan menghilangkan residu. Minyak yang diperoleh dari pirolisis dapat memiliki kegunaan industri sebagai berikut : (i) bahan bakar pembakaran, (ii) digunakan untuk pembangkit listrik, (iii) produksi bahan kimia dan resin, (iv) bahan bakar transportasi, (v) produksi *anhydro-sugars* seperti *levoglucosan*, (vi) sebagai pengikat untuk *pelletizing* and *briquetting* bahan sampah organik yang mudah terbakar, (vii) *bio-oil* dapat digunakan sebagai pengawet, misalnya pengawet pada kayu, (viii) campuran yang sesuai dengan

pirolisis cair dengan minyak diesel mungkin digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel, (ix) *bio-oil* yang dapat digunakan dalam pembuatan perekat, dan lain-lain. Selain itu minyak dapat disimpan dan diangkut karena tidak perlu digunakan di lokasi produksi (Fernandez dkk., 2012).

### 5. Minyak goreng bekas (Minyak Jelantah)

Menurut Gunawan (2010), minyak jelantah adalah bahan minyak goreng bekas yang terbuang dan sangat berbahaya bagi kesehatan tubuh apabila digunakan kembali sebagai minyak goreng karena sifatnya yang karsinogen. Senyawa *TransFat* akan muncul jika minyak goreng dipanasi berulang kali atau memanasi minyak dalam waktu yang sangat lama. *TransFat* ini akan :

- a. Memasuki sel-sel tubuh dan akan merusak membran sel dan fungsi sel.
- b. Merusak vitamin dan nutrisi yang lain.
- c. Menurunkan kolesterol baik.
- d. Meningkatkan kolesterol jelek.
- e. Dapat menimbulkan kanker dan gangguan jantung.
- f. Dapat menyebabkan alergi.

Penggunaan minyak goreng yang benar menurut ilmu kesehatan hanya dapat digunakan paling banyak empat kali penggorengan atau pemanasan karena setelah melampaui empat kali pemanasan telah mengandung radikal bebas yang dapat merugikan kesehatan sampai dengan dapat berkembangnya sel kanker di tubuh manusia (Renaldi, 2009).

Minyak jelantah merupakan minyak nabati turunan dari minyak kelapa sawit (*palm oil*). Minyak kelapa sawit dapat dihasilkan dari inti kelapa sawit yang dinamakan minyak inti kelapa sawit. Rata-rata komposisi asam lemak minyak inti kelapa sawit dapat dilihat pada Tabel 2.3 (Ketaren dalam Umami, 2015).

**Tabel 2.3 Komposisi Asam lemak Minyak Inti Kelapa Sawit.**

Asam Lemak	Jumlah (%)
Asam Oleat	30 – 45
Asam Linoleat	7 – 11
Asam Miristat	1,1 – 2,5
Asam Palmitat	40 – 46
Asam Stearat	3,6 – 4,7

Sumber : Ketaren dalam Umami, 2015

Secara ekonomis penggunaan minyak jelantah sebagai bahan dasar biodiesel juga sangat menguntungkan karena minyak jelantah merupakan limbah yang sudah tidak digunakan lagi sehingga dapat diperoleh secara gratis ataupun dapat pula diperoleh dengan harga yang murah.

## **B. Kajian Penelitian yang Relevan**

Penelitian pembuatan biodiesel menggunakan gelombang mikro sudah pernah dilakukan sebelumnya oleh Handayani (2010) yaitu Pembuatan Biodiesel dari Minyak Ikan dengan Radiasi Gelombang Mikro. Adapun variasi yang dilakukan adalah dengan perbandingan waktu radiasi terhadap reaksi transesterifikasi, sebesar 5, 10, 15, 20 dan 25 menit. Variasi daya gelombang mikro dalam pembuatan biodiesel, sebesar 300, 400, 500, 650 dan 800 Watt dan variasi perbandingan mol methanol minyak ikan sebesar 6:1, 12:1, 18:1 dan 24:1.

Didapatkan hasil yang optimum ada daya 800 Watt dengan perbandingan mol methanol minyak ikan sebesar 1:18 dan variasi waktu reaksi transesterifikasi selama 10 menit.

Penelitian serupa juga sudah dilakukan oleh Fachrizal (2012) yaitu Rancang Bangun Perangkat Eksperimentasi Proses Pirolisis Biomassa Gelombang Mikro. Adapun variasi yang digunakan adalah dengan daya gelombang output maksimum 850 Watt dengan variasi waktu yang digunakan bahan baku 300 gram selama 5-15 menit. Didapatkan perbedaan waktu yang signifikan pemanasan secara konvensional dan gelombang mikro yaitu dengan konvensional membutuhkan waktu selama 45 menit, sementara dari percobaan dengan gelombang mikro hanya membutuhkan waktu selama 10 menit. Namun masih banyak parameter proses yang masih perlu dikaji lebih detail lagi.

Penelitian yang serupa juga sudah dilakukan oleh Majid (2012) yaitu Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Menggunakan Iradiasi Gelombang Mikro. Adapun variasi yang digunakan adalah daya microwave sebesar 100, 150, 200, 250 dan 300 Watt dengan variasi waktu reaksi selama 5, 10, 15, 20 dan 25 menit. Berdasarkan penelitian tersebut didapatkan biodiesel dengan *yield* terbesar dihasilkan pada waktu reaksi 10 menit dengan daya 100 Watt dan didapat *yield* optimum 93,06% berat.

Penelitian serupa juga sudah dilakukan oleh Widodo (2007) yaitu Studi Penggunaan Mikrowave pada Proses Transesterifikasi secara Kontinu untuk Menghasilkan Biodiesel. Pada penelitian ini menggunakan variasi daya *microwave* sebesar (400, 500, 650 Watt) dengan waktu reaksi selama 5 menit dan

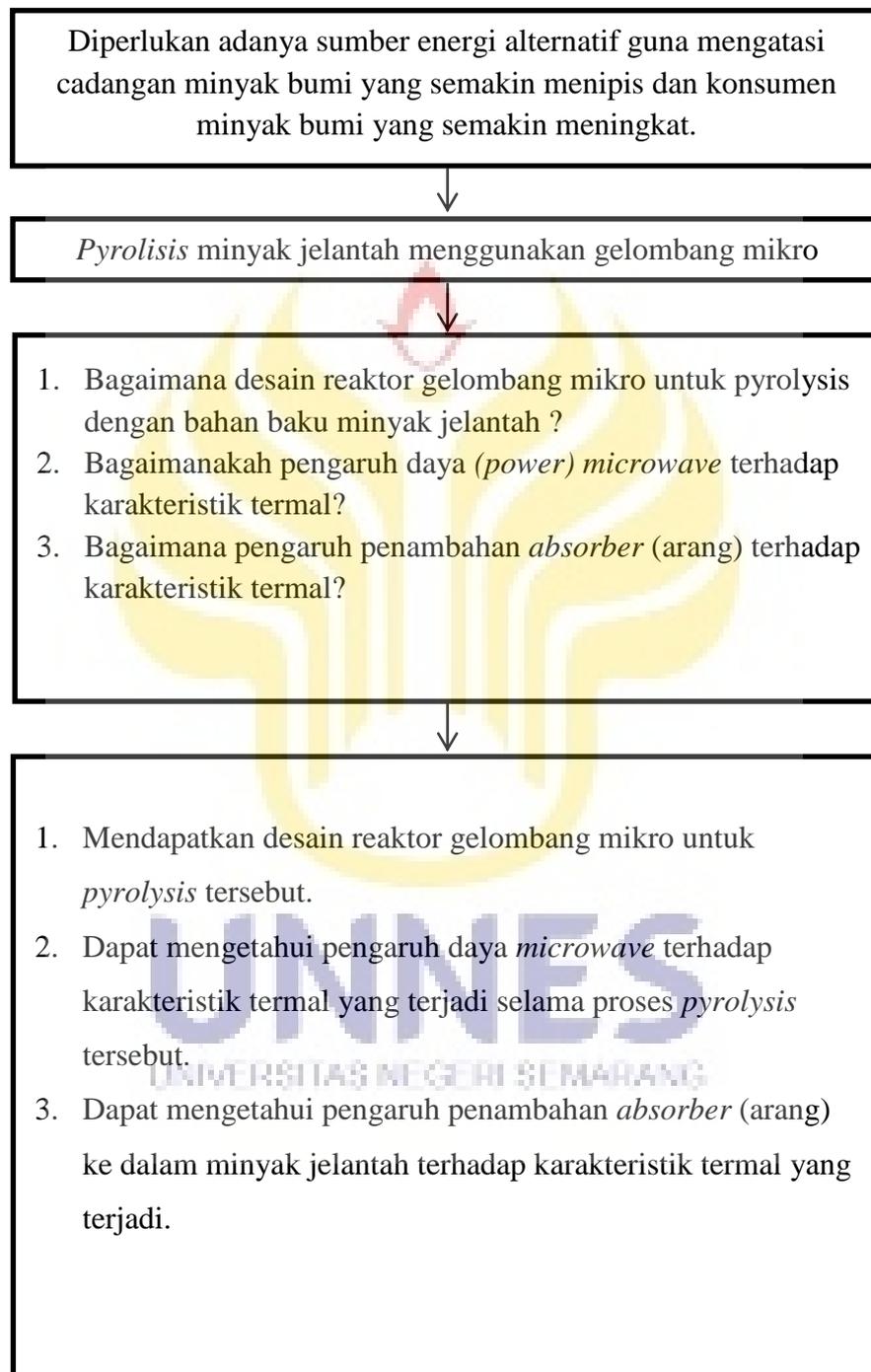
diuji selama 5 kali. Dari penelitian tersebut dihasilkan nilai viskositas 3,8 – 4,1 poise atau sebesar 1,55 – 1,76 kali kekentalan minyak solar.

Penelitian juga sudah dilakukan oleh Umami (2015) yaitu Sintesis Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Gelombang Mikro. Adapun variasi yang digunakan adalah temperatur sebesar (50°C, 60°C, 70°C) dengan rasio mol methanol-minyak (1:6), waktu reaksi selama 10 menit dan daya pada *microwave* 400 Watt. Dari penelitian tersebut dihasilkan *yield* tertinggi pada suhu 70°C sebesar 98,89%.

Penelitian juga dilakukan oleh Juliastuti (2015) yaitu Pengolahan Limbah Plastik Kemasan Multilayer LDPE (*Low Density Poly Ethilene*) dengan Menggunakan Metode Pirolisis *Microwave*. Adapun variasi yang digunakan adalah variasi daya *microwave* sebesar (250, 350, 500 Watt) dengan waktu reaksi (10, 30, 60 menit). Dari penelitian tersebut dihasilkan proses maksimum yaitu kondisi daya *microwave* 500 Watt selama 60 menit dengan *yield* 4,67% padat dan 23,65% cair.

### C. Kerangka Pikir Penelitian

Kerangka pikir penelitian ditunjukkan pada gambar 2.4 berikut :



**Gambar 2.5 Kerangka Pikir Penelitian**

#### D. Hipotesis Penelitian

Hipotesis pada penelitian ini adalah :

1. Ada pengaruh waktu radiasi pada proses pemanasan menggunakan gelombang mikro.
2. Ada pengaruh daya *microwave* terhadap karakteristik termal reaktor gelombang mikro.
3. Ada pengaruh massa *absorber* (arang) terhadap karakteristik termal reaktor gelombang mikro.



## BAB V

### PENUTUP

#### A. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, secara umum reaktor yang di desain dapat digunakan untuk proses pyrolisis minyak jelantah khususnya dengan penambahan absorber. Detail kesimpulan hasil penelitian sebagai berikut :

1. Desain reaktor gelombang mikro yang digunakan adalah reaktor berbahan keramik dengan alas berdiameter 84 mm dan tinggi 125 mm, tutup reaktor berbahan aluminium dengan diameter 152 mm, alas reaktor berbahan besi cor St 60 dengan diameter 152 mm yang mempunyai 4 penyangga sebagai baut untuk mengaitkan dengan tutup reaktor. Material yang digunakan adalah material yang sesuai digunakan untuk gelombang mikro (*microwave*).
2. Daya (*power*) pada *microwave* mempengaruhi karakteristik termal baik tanpa menggunakan *absorber* (arang) maupun menggunakan *absorber* diantaranya yaitu pada suhu, laju pemanasan dan efisiensi termal. Hasil yang maksimal diperoleh pada daya 642 W selama 25 menit. Karakteristik termal tanpa *absorber* mencapai suhu 186°C, laju pemanasan 6,44°C/menit dan efisiensi termal 16%, karakteristik termal dengan *absorber* 50 gr mencapai suhu 420°C, laju pemanasan 15,8°C/menit dan efisiensi termal 35% sedangkan pada karakteristik termal dengan *absorber* 100 gr mencapai suhu 480°C, laju pemanasan 18,2°C/menit dan efisiensi termal 53%.

3. Penambahan *absorber* (arang) mempengaruhi suhu, laju pemanasan dan efisiensi termal. Semakin banyak *absorber*, semakin tinggi temperatur, laju pemanasan dan efisiensi termal reaktor gelombang mikro. Pada penelitian ini hasil yang maksimal diperoleh pada penambahan *absorber* sebesar 100 gr.

## **B. Saran**

Berdasarkan hasil penelitian dari percobaan yang telah dilakukan, penulis memberikan saran bahwa perlu memperbaiki desain reaktor agar lebih maksimal lagi dalam proses dan perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menambahkan variasi *absorber* jenis lain ataupun menggunakan *absorber* yang sama namun dengan variasi massa yang lebih banyak lagi serta penelitian lebih lanjut tentang produksi *bio-oil* dengan proses *pyrolysis* berbahan baku minyak jelantah.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Fachrizal, N, dkk. 2012. Rancang Bangun Perangkat Eksperimentasi Proses Pirolisis Biomasa Gelombang Mikro. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*. 14/2: 153-160.
- Fernandez, Y, dkk. 2009. Microwave Heating Applied to Pyrolysis. *Instituto Nacional del Carbon (CSIC)*. 723-752.
- Gunawan, E. 2010. Rancang Bangun Unit Pirolisis untuk Pembuatan Bio-Oil dari Minyak Jelantah Skala Laboratorium. *Jurnal Lembaran Publikasi Lemigas*. 44/1: 78-86.
- Handayani, SP. 2010. *Pembuatan Biodiesel dari Minyak Ikan dengan Radiasi Gelombang Mikro*. Skripsi. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Hanif. 2009. Analisis Sifat Fisik dan Kimia Biodiesel dari Minyak Jelantah sebagai Bahan Bakar Alternatif Motor Diesel. *Jurnal Teknik Mesin*. 6/2: 92-96.
- Jones, DA, dkk. 2002. Microwave Heating Applications in Environmental Engineering – a review. *Journal of Concervation and Recycling*. 34:75-90.
- Juliastuti, SR, dkk. 2015. Pengolahan Limbah Plastik Kemasan Multilayer Ldpe (Low Density Poly Ethilene). *Prosiding Seminar Teknik Kimia "Kejuangan"*. 1-7.
- Majid, AA, dkk. 2012. Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Menggunakan Iradiasi Gelombang Mikro. *Simposium Nasional RAPI. XI*: 15-21.
- Qiram, I, dkk. 2015. Pengaruh Variasi Temperatur Terhadap Massa dan Energi yang Dihasilkan Pirolisis Serbuk Kayu Mahoni (Switenia Macrophylla) pada Rotary Kiln. *Jurnal Rotor*. 8/2: 1-7
- Ramadhan P., A. dan Ali, M.. 2012. Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Minyak Menggunakan Proses Pirolisis. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*. 4/1: 44-53.
- Ranaldi, AA. 2009. *Kajian Stabilitas Oksidasi Campuran Biodiesel Minyak Jelantah-Solar dan Kinerja Mesin Diesel*. Skripsi. Universitas Indonesia. Jakarta.

- Setyadji, M. dan Susiantini, En. 2007. Pengaruh Penambahan Biodiesel dari Minyak Jelantah pada Solar Terhadap Opasitas dan Emisi Gas Buang CO, CO<sub>2</sub> dan HC. *Prosiding PPI-PDIPTN*. 190-200.
- Sukseswati, DD. 2010. *Karakteristik Sifat Fisik dan Kimia Minyak Hasil Pirolisis Lambat Campuran Sampah Kertas dan Daun*. Skripsi. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Suryawan, B. 2013. Pengaruh Variasi Temperatur Pirolisis dan Pemadatan Char Serbuk Kayu Mahoni Terhadap Thermal Conductivity. *Makalah Seminar Hasil Konsentrasi Teknik Konversi Energi*. 1-11
- Umami, VA. 2015. *Sintesis Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Gelombang Mikro*. Skripsi. Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Widodo, 2007. Studi penggunaan Mikrowave pada Proses Transesterifikasi secara Kontinu untuk Menghasilkan Biodiesel. *Jurnal Teknik Mesin*. 9/2: 54-58.
- Yin, C. 2012. Microwave-assisted pyrolysis of biomass for liquid biofuels production. *Bioresource Technology*. 120: 273-284.