

**PENGARUH VARIASI TEMPERATUR DARI BIOKEROSIN
MINYAK JARAK PAGAR TERHADAP KARAKTERISTIK
PEMBAKARAN PADA KOMPOR SUMBU**

SKRIPSI

Konsentrasi Konversi Energi

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

**ANTONIUS YULIUS PRAMONO
NIM. 0610620028-62**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2010**

LEMBAR PERSETUJUAN

PENGARUH VARIASI TEMPERATUR DARI BIOKEROSIN MINYAK JARAK PAGAR TERHADAP KARAKTERISTIK PEMBAKARAN PADA KOMPOR SUMBU

SKRIPSI KONSENTRASI KONVERSI ENERGI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

ANTONIUS YULIUS PRAMONO
NIM. 0610620028-62

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing

Ir. I Made Gunadiarta, MT.
NIP. 19461001 197702 1 001

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH VARIASI TEMPERATUR DARI BIOKEROSIN
MINYAK JARAK PAGAR TERHADAP KARAKTERISTIK
PEMBAKARAN PADA KOMPOR SUMBU**

**SKRIPSI
KONSENTRASI KONVERSI ENERGI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh:

ANTONIUS YULIUS PRAMONO
NIM. 0610620028-62

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
tanggal 15 Desember 2010

Skripsi I

Skripsi II

Putu Hadi Setyarini, ST., MT.
NIP. 19770806 200312 2 001

Prof. Dr. Ir. Rudy Soenoko, M.Eng. Sc.
NIP. 19490911 198403 1 001

Komprehensif

Ir. Winarno Yahdi A., MT.
NIP. 19460804 198303 1 001

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Slamet Wahyudi, ST., MT.
NIP. 19720903 199702 1 001

PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat rahmat-Nyalah penyusunan skripsi dengan judul "Pengaruh Variasi Temperatur dari Biokerosin Minyak Jarak Pagar Terhadap Karakteristik Pembakaran pada Kompor Sumbu" ini dapat terselesaikan dengan baik guna memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan tak lepas dari bantuan, petunjuk dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada pihak-pihak yang telah banyak membantu dalam penyusunan skripsi ini, yaitu:

1. Bapak Dr. Slamet Wahyudi, ST., MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya,
2. Bapak Dr. Eng. Anindito Purnowidodo, ST., M.Eng., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya,
3. Bapak Ir. I Made Gunadiarta, MT., selaku Ketua Kelompok Dasar Keahlian Teknik Konversi Energi.
4. Bapak Ir. I Made Gunadiarta, MT., selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan, petunjuk dan saran dalam penyusunan skripsi ini,
5. Bapak Ir. Imam Zaky, MT., selaku Dosen Wali,
6. Bapak dan ibu dosen pengajar yang telah memberi ilmu yang bermanfaat bagi penulis,
7. Bapak Abi Hastono dan bapak Tohari, selaku staf Balittas yang sudah membantu selama penelitian,
8. Ruminah dan Srinoto, kedua orang tua penulis, mas Antok dan mas Hadi beserta keluargaku yang selalu mendoakan dan mendukung,
9. Keluarga Besar Mahasiswa Mesin Universitas Brawijaya khususnya angkatan 2006 yang secara langsung maupun tidak langsung membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini, terima kasih buat angkatan *rampage*,
10. Yeheskiel tercinta, terutama teman-teman 2006 yang selalu memberi semangat,
11. Dodi, Robert, Robi, Batara, Aris yang memberi semangat dan mendukung untuk segera menyelesaikan skripsi,

12. Anjar, Brama, Otet, Nur, Upong, Ities, Ulin, Febri, Chacha, Poppy, Andi, Henry, Wewe, Plea, Punjung, Agung, Albash, Ipul, Rizal, Eko, Danang, Septian yang menemani mengerjakan skripsi,
13. Mas Eko dan semua asisten lab motor bakar,
14. Serta semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini, yang tidak memungkinkan penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penyusunan skripsi ini masih sangat jauh dari sempurna, maka dari itu penulis sangat mengharapkan masukan, saran dan kritik dari berbagai pihak. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan juga bagi pembaca pada umumnya. Tidak ada yang sempurna dalam setiap karya manusia, tapi justru itulah yang membuat manusia berpikir untuk menghasilkan karya yang lebih baik.

Malang, Desember 2010

Penulis



DAFTAR ISI

PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
DAFTAR SIMBOL	viii
RINGKASAN	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Bahan bakar cair	4
2.2 Biokerosin	4
2.2.1. Densitas	5
2.2.2. Viskositas	6
2.2.3. Titik Nyala (<i>Flash Point</i>)	10
2.2.4. Nilai Kalor (<i>Heating Value</i>)	10
2.2.5. Indeks Setana (<i>Cetane Number</i>)	10
2.2.6. Titik Tuang (<i>Pour Point</i>)	11
2.2.7. Sulfur (<i>Sulphur Content</i>)	11
2.2.8. Kadar Air (<i>Water Content</i>)	11
2.2.9. Residu Karbon	12
2.3 <i>Bomb Calorimeter</i>	12
2.4 Minyak Jarak Pagar (<i>Jathropa Curcas Linn</i>)	13
2.5 Pembakaran	16
2.6 Karakteristik Pembakaran Kompor Sumbu	19
2.6.1. Laju Kalor <i>Input</i> Pembakaran	19

2.6.2. Laju Kalor <i>Output</i> Pembakaran	19
2.6.3. Efisiensi Konversi Energi.....	20
2.7 Hipotesis	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1 Metode Penelitian	21
3.2 Variabel Penelitian.....	21
3.3 Bahan dan Peralatan yang Digunakan	22
3.3.1. Bahan yang Digunakan.....	22
3.3.2. Peralatan yang Digunakan.....	22
3.4 Tempat Penelitian	25
3.5 Prosedur Penelitian	25
3.6 Rencana Pengolahan dan Analisa Data	26
3.7 Diagram Alir Penelitian.....	27
BAB IV HASIL dan PEMBAHASAN	28
4.1 Analisa Data.....	28
4.1.1. Data Hasil Pengujian	28
4.1.2. Perhitungan.....	30
4.1.3. Data Hasil Perhitungan.....	32
4.2 Grafik dan Pembahasan.....	33
4.2.1. Pengaruh Temperatur Minyak Jarak terhadap Kalor Pembakaran.....	33
4.2.2. Pengaruh Temperatur Minyak Jarak terhadap Laju Kalor <i>Input</i> Pembakaran pada Variasi Jumlah Lubang Udara.....	34
4.2.3. Pengaruh Temperatur Minyak Jarak terhadap Laju Kalor <i>Output</i> Pembakaran pada Variasi Jumlah Lubang Udara.....	35
4.2.4. Pengaruh Temperatur Minyak Jarak terhadap Efisiensi Konversi Energi pada Variasi Jumlah Lubang Udara	36
BAB V PENUTUP.....	37
5.1 Kesimpulan.....	37
5.2 Saran	37
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

No	Judul	Halaman
Tabel 2.1.	Karakteristik dari biokerosin	5
Tabel 2.2.	Sifat fisika minyak biji jarak pagar	14
Tabel 2.3.	Analisa kimia dari minyak <i>Jatropha curcas L</i>	14
Tabel 2.4.	Beberapa energi ikatan dan jarak ikatan	16
Tabel 3.1.	Contoh pengambilan data karakteristik pembakaran kompor sumbu dengan jumlah lubang udara 335 buah	26
Tabel 4.1.	Data hasil uji kalor pembakaran minyak jarak pagar	28
Tabel 4.2.	Data hasil pengujian pada kompor sumbu dengan jumlah lubang 335	29
Tabel 4.3.	Data hasil pengujian pada kompor sumbu dengan jumlah lubang 376	29
Tabel 4.4.	Data hasil pengujian pada kompor sumbu dengan jumlah lubang 458	30
Tabel 4.5.	Data hasil perhitungan	32



DAFTAR GAMBAR

No	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Grafik pengaruh temperatur terhadap viskositas	7
Gambar 2.2	Grafik pengaruh temperatur terhadap viskositas kinematik	9
Gambar 2.3	<i>Bomb calorimeter</i>	12
Gambar 2.4	Minyak jarak pagar	14
Gambar 2.5	Rumus struktur kimia minyak jarak pagar (<i>Jatropha Curcas L oil</i>)	15
Gambar 2.6	Pembakaran difusi pada minyak jarak	17
Gambar 2.7	Cara reaktan terbakar. (a) pembakaran premix; (b) pembakaran difusi	17
Gambar 2.8	Pembakaran sempurna, baik, dan tidak sempurna	18
Gambar 3.1	Kompor sumbu	22
Gambar 3.2	<i>Bomb calorimeter</i>	22
Gambar 3.3	Gelas ukur	22
Gambar 3.4	Termometer	23
Gambar 3.5	<i>Heater</i>	23
Gambar 3.6	Panci air	23
Gambar 3.7	<i>Stopwatch</i>	23
Gambar 3.8	<i>Thermocontrol</i>	24
Gambar 3.9	Timbangan digital	24
Gambar 3.10	Skema intalasi	25
Gambar 3.11	Diagram alir	27
Gambar 4.1	Grafik hubungan antara temperatur terhadap kalor pembakaran	33
Gambar 4.2	Grafik hubungan antara temperatur terhadap laju kalor <i>input</i> pembakaran pada variasi jumlah lubang udara	34
Gambar 4.3	Grafik hubungan antara temperatur terhadap laju kalor <i>output</i> pembakaran pada variasi jumlah lubang udara	35
Gambar 4.4	Grafik hubungan antara temperatur terhadap efisiensi konversi energi pada variasi jumlah lubang udara	36

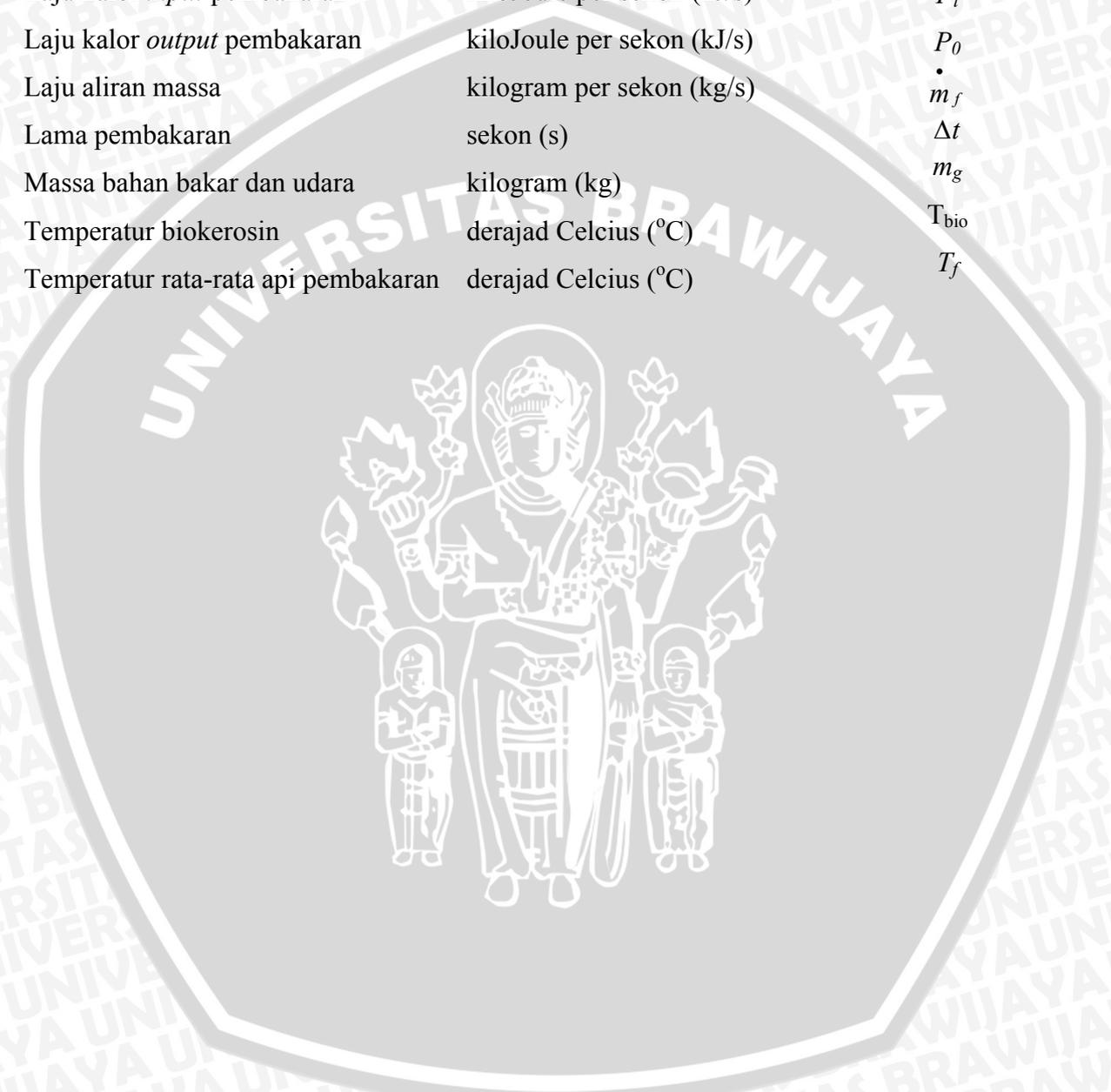
DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul
Lampiran 1.	Foto pengujian
Lampiran 2.	Surat keterangan telah melakukan pengujian
Lampiran 3.	Data hasil pengujian



DAFTAR SIMBOL

Besaran Dasar	Satuan dan Singkatannya	Simbol
efisiensi konversi energi	persen (%)	η_{KE}
<i>heating value</i>	kiloJoule per kilogram (kJ/kg)	HV
Laju kalor <i>input</i> pembakaran	kiloJoule per sekon (kJ/s)	P_i
Laju kalor <i>output</i> pembakaran	kiloJoule per sekon (kJ/s)	P_o
Laju aliran massa	kilogram per sekon (kg/s)	\dot{m}_f
Lama pembakaran	sekon (s)	Δt
Massa bahan bakar dan udara	kilogram (kg)	m_g
Temperatur biokerosin	derajad Celcius ($^{\circ}C$)	T_{bio}
Temperatur rata-rata api pembakaran	derajad Celcius ($^{\circ}C$)	T_f



RINGKASAN

ANTONIUS YULIUS PRAMONO, Jurusan Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang, Desember 2010, *Pengaruh Variasi Temperatur dari Biokerosin Minyak Jarak Pagar Terhadap Karakteristik Pembakaran pada Kompor Sumbu*, Dosen Pembimbing: I Made Gunadiarta.

Tuntutan manusia akan kualitas hidup yang lebih baik mendorong pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi disegala bidang, tidak terkecuali bidang *engineering* atau rekayasa. Contoh nyatanya dengan semakin meningkatnya penggunaan energi oleh masyarakat menyebabkan dunia ilmu pengetahuan sekarang diharuskan untuk mencari dan mengembangkan sumber energi alternatif dengan harapan bisa menggantikan peranan bahan bakar fosil saat persediaannya habis di kemudian hari.. Untuk itu, diperlukan sumber bahan bakar baru yang dapat mengganti bahan bakar lama dan *renewable*, salah satu contohnya adalah biokerosin. Dalam usaha untuk memperbaiki sifat biokerosin agar layak menjadi bahan bakar *renewable*, maka ada beberapa hal yang harus diperhatikan diantaranya temperatur bahan bakar. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur biokerosin minyak jarak pagar terhadap karakteristik pembakaran pada kompor sumbu, yang dilihat dari nilai laju kalor *input*, laju kalor *output*, dan efisiensi konversi energi.

Dalam penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental, dengan cara biokerosin diberi pemanasan mula sesuai dengan besar variabel bebas. Setelah temperatur biokerosin sesuai variabel bebas, dilakukan pengujian untuk mendapat besar kalor pembakaran yang dihasilkan, kemudian biokerosin dijadikan bahan bakar dalam kompor sumbu. Kompor sumbu dinyalakan untuk melakukan uji unjuk kerja kompor sumbu, setelah nyala kompor sumbu stabil, dilakukan pengamatan untuk mendapatkan nilai laju kalor *input*, laju kalor *output*, dan efisiensi konversi energi

Dari hasil penelitian diketahui bahwa temperatur minyak jarak dan jumlah udara berpengaruh terhadap karakteristik pembakaran kompor sumbu. Laju kalor *input* dan laju kalor *output* tertinggi yaitu 1,96572 kJ/s; dan 1,37947 kJ/s terjadi pada temperatur yang paling besar yaitu 80⁰C dan pada jumlah lubang udara 376 buah; sedang efisiensi konversi energi tertinggi yaitu 73,94 % pada temperatur 50⁰C dan jumlah lubang 458 buah.

Kata kunci: biokerosin, kerosin, nilai kalor, temperatur, unjuk kerja kompor sumbu.



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Semakin meningkatnya penggunaan energi oleh masyarakat menyebabkan dunia ilmu pengetahuan sekarang diharuskan untuk mencari dan mengembangkan sumber energi alternatif dengan harapan bisa menggantikan peranan bahan bakar fosil saat persediaannya habis di kemudian hari. Sehingga perlu dilakukan kegiatan konservasi (pencarian), konversi (perubahan), dan pengembangan (diversifikasi) sumber-sumber energi baru yang memiliki sifat dapat diperbaharui (*renewable*), serta tidak menimbulkan pencemaran lingkungan (ramah lingkungan).

Berbagai penelitian telah banyak dilakukan untuk mendapatkan energi alternatif yang bersifat ekonomis dan dapat diperbaharui, salah satunya adalah minyak jarak pagar (*Jatropha curcas L.*). Minyak ini berasal dari tanaman jarak pagar yang keberadaannya tersebar luas di Indonesia, dan memiliki potensial besar untuk dimanfaatkan sebagai minyak nabati karena tanaman ini merupakan tanaman non pangan dan dapat menghasilkan buah jarak sepanjang tahun.

Biokerosin merupakan minyak nabati yang ditujukan sebagai pengganti minyak tanah. Minyak nabati ini juga dikenal sebagai minyak kasar karena belum mengalami proses pemurnian dan hanya mengalami proses penyaringan. Viskositas biokerosin juga masih tinggi. Dengan nilai viskositas yang besar akan membuat bahan bakar sulit untuk terbakar. Karena itu, proses pembakaran biokerosin perlu dibantu dengan memberi energi dari luar.

Kurang amannya penggunaan kompor LPG saat ini membuat banyak orang memikirkan kembali untuk menggunakan kompor sumbu dengan memanfaatkan minyak nabati sebagai bahan bakarnya. Namun nilai viskositas dari minyak nabati tinggi. Dengan viskositas yang tinggi dari biokerosin minyak jarak pagar membuat pembakaran pada kompor sumbu kurang sempurna.

Berdasarkan permasalahan diatas maka perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh variasi temperatur dari biokerosin minyak jarak pagar (*Jatropha curcas L.*) terhadap karakteristik pembakaran pada kompor sumbu. Tentunya dengan harapan mempermudah penggunaan minyak jarak sebagai bahan bakar alternatif dan memperbaiki sifat pembakaran biokerosin minyak jarak pagar pada kompor sumbu menjadi pembakaran sempurna.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana pengaruh variasi temperatur dari biokerosin minyak jarak pagar (*Jatropha curcas L*) terhadap karakteristik pembakaran pada kompor sumbu?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian tidak semakin meluas, maka perlu diberi batasan pada masalah yang diteliti, yaitu :

1. Bahan yang digunakan adalah minyak jarak pagar (*Jatropha curcas L*) murni tanpa mengalami proses transesterifikasi
2. Pengambilan data dilakukan pada kondisi lingkungan yang dianggap tetap (*steady state*)
3. Tidak membahas reaksi kimia dan transfer panas selama proses pembakaran
4. Perhitungan konstruksi alat diabaikan
5. Minyak jarak pagar yang dipakai untuk setiap pengujian adalah 500 mL.
6. Pada pengujian akan memakai tiga jenis kompor sumbu dengan jumlah lubang udara dari kompor sumbu yang berbeda yaitu 335 ; 376 ; dan 458 buah.
7. Variasi temperatur [$^{\circ}\text{C}$] dari minyak jarak pagar adalah 40; 50; 60; 70; dan 80 (dengan toleransi 1°C)
8. Karakteristik pembakaran dari biokerosin minyak jarak pagar pada kompor sumbu yang diamati adalah kalor pembakaran dan unjuk kerja kompor biokerosin yang meliputi : laju kalor *input* pembakaran; laju kalor *output* pembakaran; dan efisiensi konversi energi.

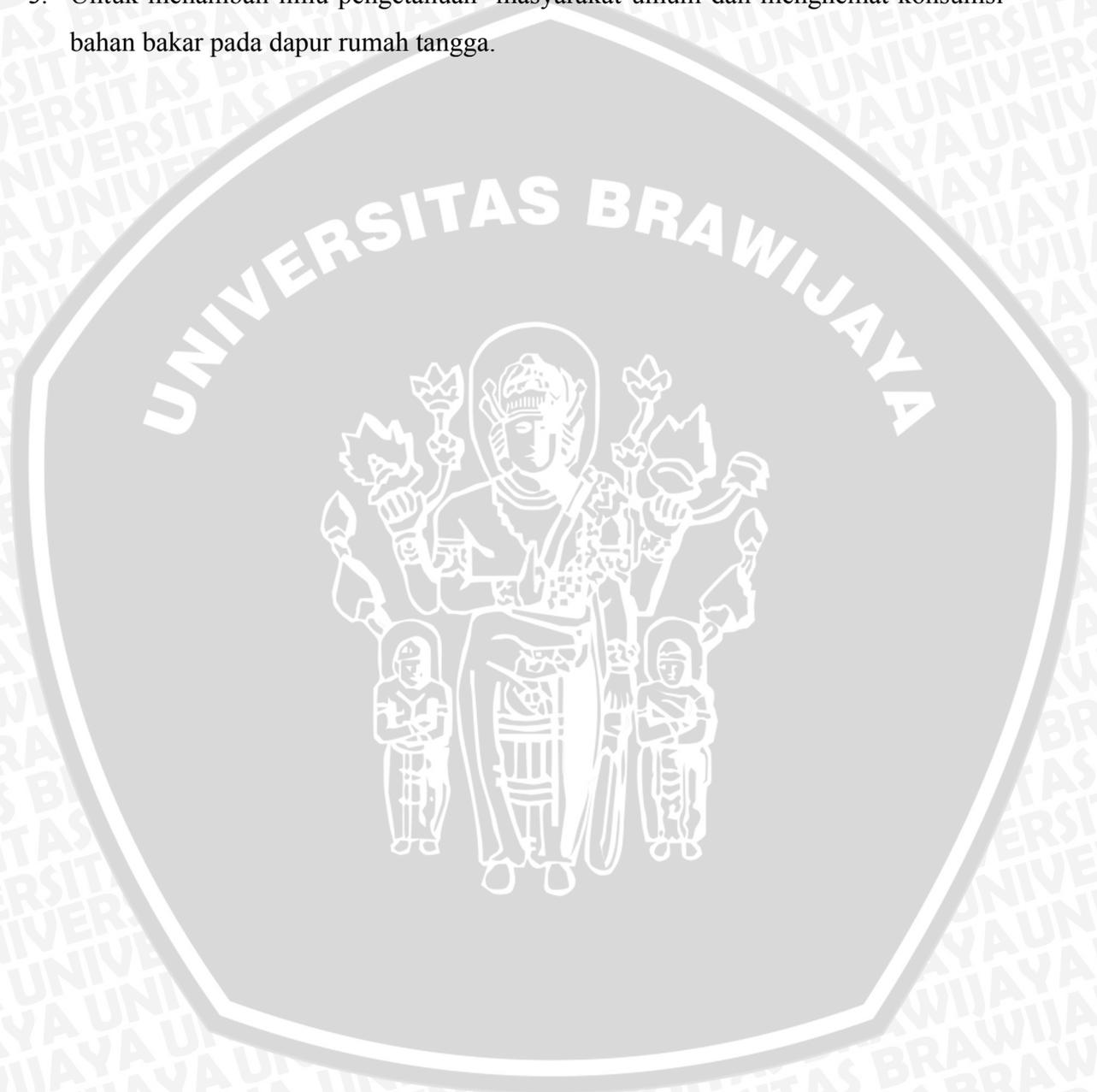
1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur dari biokerosin minyak jarak pagar (*Jatropha curcas L*) yang tepat terhadap karakteristik pembakaran pada kompor sumbu.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Bagi mahasiswa dipakai sebagai dasar atau literatur bagi penelitian selanjutnya.
2. Membantu teknisi dalam perindustrian dalam menciptakan bahan bakar yang *renewable* dan ramah lingkungan serta memiliki sifat pembakaran sempurna.
3. Untuk menambah ilmu pengetahuan masyarakat umum dan menghemat konsumsi bahan bakar pada dapur rumah tangga.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bahan Bakar Cair

Bahan bakar cair memegang peranan penting dalam perindustrian. Bahan bakar cair adalah bahan bakar yang pada suhu kamar dan tekanan atmosfer memiliki wujud cair. Bahan bakar cair yang biasa dipakai dalam industri, transportasi, maupun rumah tangga merupakan fraksi dari minyak mentah. Ada dua jenis bahan bakar cair yang diperoleh dari minyak mentah yaitu:

- a. Minyak destilasi yang diambil dari destilasi pengolahan minyak mentah.
- b. Minyak residu yang diperoleh dari sisa destilasi di dasar kolom alat destilasi.

Contoh minyak destilasi salah satunya adalah minyak tanah (kerosin).

2.2 Biokerosin

Kerosin atau sering disebut minyak tanah merupakan salah satu contoh minyak destilasi. Minyak tanah adalah cairan hidrokarbon yang tak berwarna dan mudah terbakar. Minyak tanah diperoleh dengan cara distilasi fraksional dari minyak bumi pada temperatur 150°C hingga 275°C (rantai karbon dari C₁₂ sampai C₁₅). Awalnya kerosin dipakai sebagai minyak lampu dengan sumbu, kemudian berkembang untuk kompor masak dan bahan bakar utama turbin gas untuk pesawat terbang. Mutu kerosin tergantung pada sifatnya dalam uji lampu (*lamp test*) dan uji bakar, seperti timbulnya asap dan kabut putih. Asap disebabkan oleh hidrokarbon aromatik sedang kabut putih oleh disulfida. Rentang temperatur destilasi dari kerosin adalah berkisar antar 200 sampai 300°C (Wardana, 2008: 19).

Biokerosin merupakan minyak nabati yang ditujukan sebagai pengganti minyak tanah. Minyak nabati ini juga dikenal sebagai minyak kasar karena belum mengalami proses pemurnian dan hanya mengalami proses penyaringan. Minyak nabati yang biasa disebut *triglyceride*, *glycerol esters* atau asam lemak karena bersifat asam. Minyak nabati berwarna kuning, tidak berbau, dan tidak mempunyai rasa. Minyak nabati tidak dapat bercampur dengan air. Minyak nabati yang temperaturnya naik akan menghasilkan asam lemak bebas (*free fatty acid*). Asam lemak bebas yang terikat dalam minyak nabati sangat merugikan. Semakin tinggi asam lemak bebas yang terkandung dalam minyak nabati, maka kualitas minyak nabati sebagai bahan bakar akan menurun.

Viskositas biokerosin juga masih tinggi. Dengan nilai viskositas yang besar akan membuat bahan bakar sulit untuk terbakar dan mengakibatkan pembakaran kurang sempurna. Minyak nabati mempunyai viskositas 20 kali lebih tinggi daripada viskositas bahan bakar diesel fosil. Viskositas yang tinggi ini mengakibatkan proses atomisasi bahan bakar yang buruk sehingga menghasilkan pembakaran yang tidak sempurna. Kekentalan minyak nabati dapat dikurangi dengan memotong cabang rantai karbon dengan memberikan pemanasan mula. Dengan meningkatnya temperatur dari minyak nabati maka viskositasnya akan semakin turun (Wardana, 2008 : 43). Kita dapat melihat karakteristik dari biokerosin dari tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Karakteristik dari biokerosin

Parameters	Units	Result	Specification		Methods
			Min	Max	
Specific Gravity at 60oF/60oF	-	0.8547	0.840	0.920	ASTM D. 4052-96(2007)
Water Content	-	0.1	-	0.25	ASTM D. 95-05(2007)
Strong Acid Number	mg KOH/g	Nil	-	Nil	ASTM D. 974-06(2007)
Pour Point	oF	10	-	65	ASTM D. 97-96(2007)
Sulphur Content	% wt	0.374	-	1.5	ASTM D. 4294-06(2007)
Conradson Carbon Residue	% wt	0.84	-	1.0	ASTM D. 189-05(2007)

Sumber: www.ohamabiofuel.com

Berikut ini adalah beberapa sifat fisik bahan bakar yang harus diketahui untuk penggunaannya

2.2.1 Densitas

Densitas adalah perbandingan jumlah massa dan volume suatu zat. Dalam suatu volume yang sama, setiap fluida memiliki densitas berbeda. Densitas menunjukkan kerapatan molekul fluida dalam suatu volume yang sama. Semakin rapat molekul fluida, maka fluida tersebut memiliki massa jenis yang semakin besar. Densitas diukur dengan alat *hydrometer*. Sifat fisik ini berhubungan dengan nilai kalor dan daya yang dihasilkan dari mesin per satuan volume bahan bakar. Densitas dari minyak nabati akan menurun seiring kenaikan temperatur (Wardana, 2008: 44).

Besarnya *density* dirumuskan sebagai berikut :

$$\rho = \frac{m}{v} \left[\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right] \quad \dots \text{ (Nevers, 1991: 6)} \quad (2-1)$$

2.2.2 Viskositas

Viskositas atau kekentalan adalah sifat dari cairan yang menghambat gaya yang menyebabkan cairan dapat mengalir. Jika viskositas semakin tinggi, maka tahanan untuk mengalir akan semakin tinggi. Viskositas dari biokerosin mempengaruhi bentuk pengabutan. Biokerosin dengan viskositas rendah akan menghasilkan pengabutan yang halus sedangkan biokerosin dengan viskositas yang besar akan menghasilkan pengabutan yang kasar. Viskositas pada biokerosin minyak jarak pagar memiliki nilai yang lebih tinggi dari minyak tanah.

Viskositas terdapat dua jenis, yaitu viskositas dinamik dan viskositas kinematik. Viskositas dinamik (μ) sering kali disebut dengan viskositas mutlak (*absolute viscosity*) yaitu viskositas yang menunjukkan ketahanan suatu fluida terhadap tegangan geser/ gaya yang bekerja padanya. Viskositas dinamik (μ) adalah perbandingan antara

tegangan (τ) dan gradien kecepatan ($\frac{dV}{dy}$).

$$\tau = -\mu \frac{dV}{dy} \text{ [N/m}^2 \text{]} \quad \dots \text{ (Munson, 2003: 14)} \quad (2-2)$$

Dari rumus (2.2) kita dapat nilai viskositas dinamik, yaitu :

$$\mu = \frac{\tau}{\frac{dV}{dy}} \text{ [N.s/m}^2 \text{]} \quad \dots \text{ (Nevers, 1991: 9)} \quad (2-3)$$

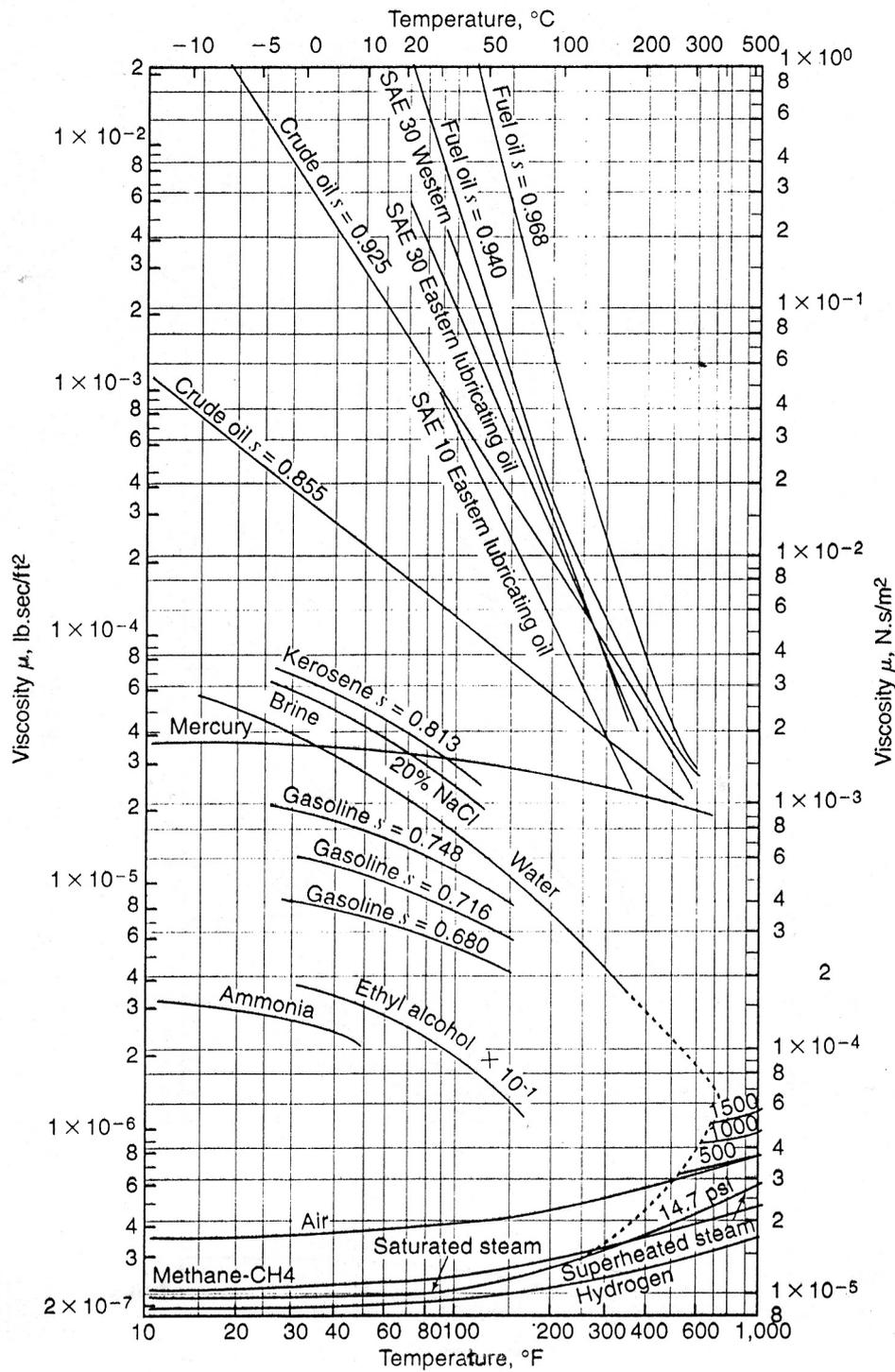
Keterangan :

τ : *shear stress* atau tegangan geser (N/m²)

μ : *coefisien of viscosity* atau viskositas dinamik (N.s/m²)

Satuan viskositas dinamik atau *coefisien of viscosity* adalah N.s/m² = Pa.s (Pascal sekon). Satuan CGS (centimeter gram sekon) untuk viskositas dinamik adalah dyne.s/cm² = poise (P).

Kita dapat melihat pengaruh dari temperatur terhadap viskositas dinamik pada gambar 2.1 dibawah ini



Gambar 2.1 Grafik pengaruh temperatur terhadap viskositas
Sumber : Franzini, 1997: 31

Sedangkan viskositas kinematik adalah perbandingan viskositas dinamik dengan kerapatan cairan.

$$v = \frac{\mu}{\rho} \text{ [m}^2\text{/s]} \quad \dots \text{ (Nevers, 1991: 12)} \quad (2-4)$$

Keterangan :

v : viskositas kinematik (m²/s)

μ : viskositas dinamik (N.s/m²)

ρ : densitas (Kg/m³)

Viskositas Kinematik ini diukur berdasarkan aliran fluida cair yang mengalir di dalam *Viscometer Tube Capiler Oswald* secara gravitasi. Besarnya viskositas kinematik dirumuskan sebagai berikut :

$$v = C \times t \text{ [m}^2\text{/s]} \quad \dots \text{ (Zemansky, 1982: 354)} \quad (2-5)$$

atau

$$v = 0,22 \times t - \frac{180}{t} [cSt] \quad \dots \text{ (Zemansky, 1982: 354)} \quad (2-6)$$

Keterangan :

v : viskositas kinematik (m²/s)

t : waktu alir (s)

Dimana C adalah *Capiler Constant* (Konstanta Kapiler). Konstanta kapiler ini biasanya tertera di *viscositas tube*. Dimensi dari Konstanta Kapiler adalah.

$$C = \frac{\mu}{Pt} \text{ [m}^2\text{/s}^2 \text{]} \quad \dots \text{ (Zemansky, 1982: 353)} \quad (2-7)$$

Keterangan :

C : *Capiler Constant* (m²/s²)

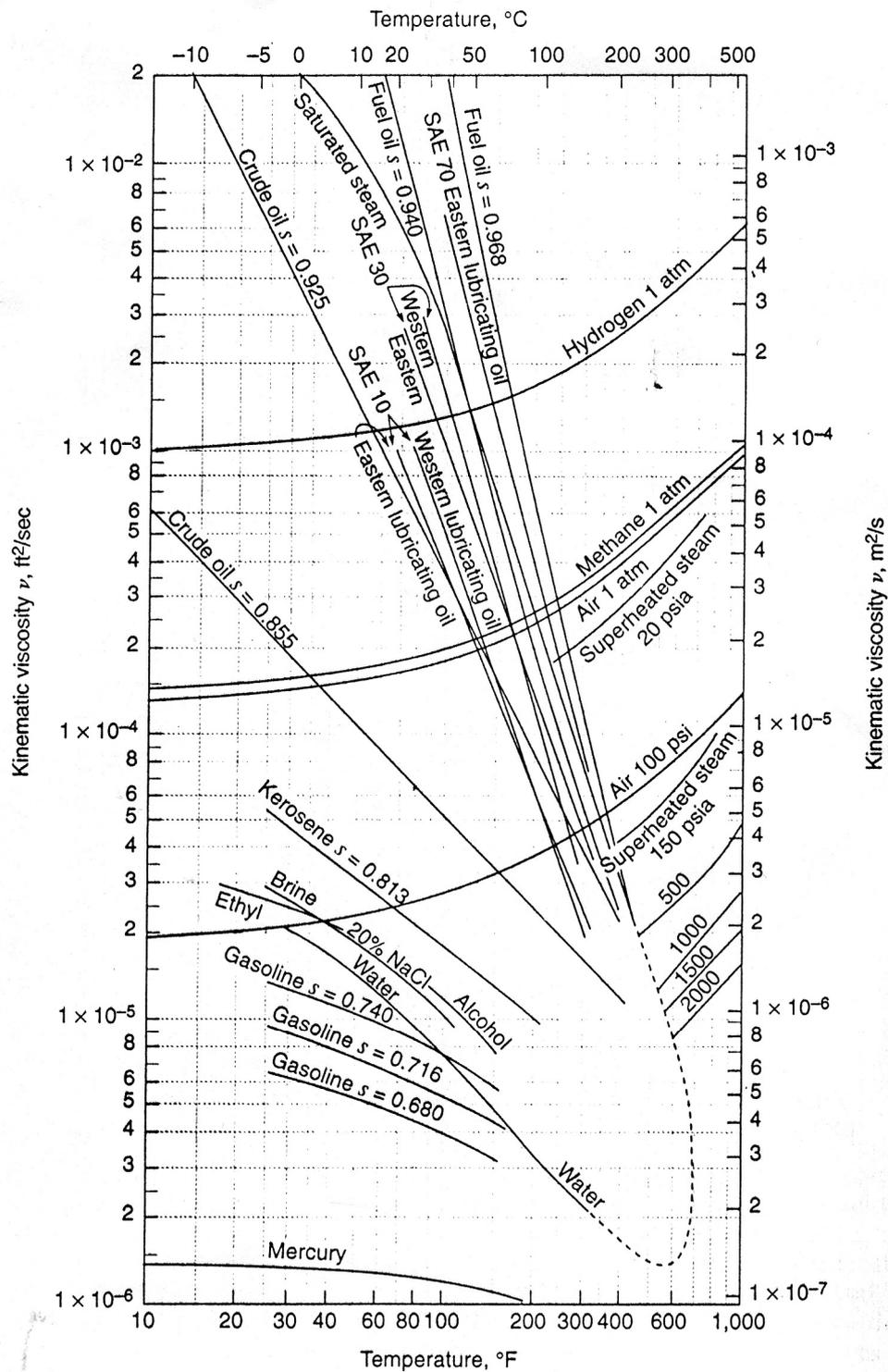
μ : viskositas dinamik (N.s/m²)

P : tekanan (N/m²)

t : waktu alir (s)

Satuan dari viskositas kinematik adalah *Stoke*. 1 stoke = 10⁻⁴ m²/s

Kita dapat melihat pengaruh dari temperatur terhadap nilai viskositas kinematik pada gambar 2.2 berikut ini.



Gambar 2.2 Grafik pengaruh temperatur terhadap viskositas kinematik
Sumber : Franzini, 1997: 32

2.2.3 Titik Nyala (*Flash Point*)

Flash point atau titik nyala merupakan temperatur terendah dari uap campuran bahan bakar dan udara untuk menyala dan terbakar sesaat ketika disinggung dengan suatu sumber nyala api. Titik nyala yang terlampau tinggi dapat menyebabkan keterlambatan penyalaan, sementara apabila titik nyala terlampau rendah akan menyebabkan timbulnya detonasi yaitu ledakan-ledakan kecil yang terjadi sebelum bahan bakar dipantik. Titik nyala juga berkaitan dengan keamanan dalam penyimpanan dan penanganan bahan bakar.

2.2.4 Nilai Kalor (*Heating Value*)

Nilai kalor adalah kalor yang dihasilkan dari pembakaran sempurna 1 kilogram atau 1 satuan berat bahan bakar padat atau cair, atau 1 meter kubik atau 1 satuan volume bahan bakar gas, pada keadaan baku. Nilai kalor diklasifikasikan menjadi 2 macam, yaitu nilai kalor tertinggi (*higher heating value/HHV*) dan nilai kalor terendah (*lower heating value/LHV*). Nilai kalor tertinggi/HHV adalah banyaknya panas yang diperoleh pada pembakaran sempurna oleh satu satuan massa bahan bakar dengan memperhitungkan panas kondensasi uap air (air yang dihasilkan dari pembakaran benda dalam wujud cair). Sedangkan nilai kalor terendah/LHV adalah banyaknya panas yang diperoleh pada pembakaran sempurna satu satuan massa bahan bakar tanpa memperhitungkan panas kondensasi uap air (air yang dihasilkan dari pembakaran berada dalam wujud gas/uap). Nilai kalor dapat diukur dengan *bomb calorimeter*. Nilai kalor ini dinyatakan dalam kilokalori per kilogram (Kj/Kg). Pada penelitian ini istilah “nilai kalor” diganti menjadi “kalor pembakaran” untuk mempermudah membedakan dengan nilai kalor yang pada umumnya menggunakan rumus Dulong-Petit dalam penghitungan dengan kalor pembakaran yang menggunakan *bomb calorimeter*.

2.2.5 Indeks Setana (*Cetane Number*)

Indeks setana adalah suatu parameter kualitas penyalaan dari bahan bakar. Kualitas penyalaan dari bahan bakar dapat diartikan sebagai ukuran tentang kemampuan dari suatu bahan bakar untuk menyala dengan sendirinya secara cepat ketika ia diinjeksikan ke dalam udara yang dimampatkan di dalam ruang bakar. Nilai *cetane index* ditentukan dengan cara perhitungan berdasarkan temperatur distilasi pada *recovery* 50% volume dan densitas minyak pada suhu 15°C. Dari distilasi tersebut dapat diketahui sifat kemudahan menguap suatu bahan bakar minyak yang disebut IBP

(*Ignition Boiling Point*), yaitu pembacaan termometer pada waktu tetesan kondensat pertama menetes. Umumnya bahan bakar memiliki *cetane number* antara 40-60. Bahan bakar dengan nilai *cetane number* yang lebih tinggi akan memiliki waktu sesaat sebelum terbakar (*ignition delay time*) yang lebih singkat. Jadi nilai indeks setana berguna untuk mengetahui seberapa cepat bahan bakar terbakar sendiri untuk mesin kompresi (mesin diesel).

2.2.6 Titik Tuang (*Pour Point*)

Adalah suatu angka yang menyatakan suhu terendah dari bahan bakar minyak sehingga minyak tersebut masih dapat mengalir apabila didinginkan pada kondisi tertentu karena gaya gravitasi. Titik tuang ini diperlukan sehubungan dengan adanya persyaratan praktis dari prosedur penimbunan dan pemakaian dari bahan bakar minyak hal ini dikarenakan bahan bakar sering sulit dipompa apabila suhunya telah dibawah titik tuang. Titik tuang juga penting untuk menentukan batas dingin mesin dan untuk menangani minyak dalam mesin ataupun saat penyimpanan.

2.2.7 Sulfur (*Sulphur Content*)

Semua bahan bakar mengandung sulfur dengan jumlah sangat kecil. Walaupun demikian berhubung keberadaan belerang ini tidak diharapkan karena sifatnya merusak, maka pembatasan dari jumlah kandungan belerang dalam bahan bakar sangat penting dalam spesifikasi bahan bakar. Hal ini karena proses pembakaran, belerang ini teroksidasi oleh oksigen menjadi belerang dioksida (SO_2) atau belerang trioksida (SO_3). Oksida belerang ini apabila kontak dengan air, menghasilkan H_2SO_4 yang bersifat korosif, dan dapat menimbulkan kerak pada dinding ruang bakar dan sistem gas buang.

2.2.8 Kadar air (*Water Content*)

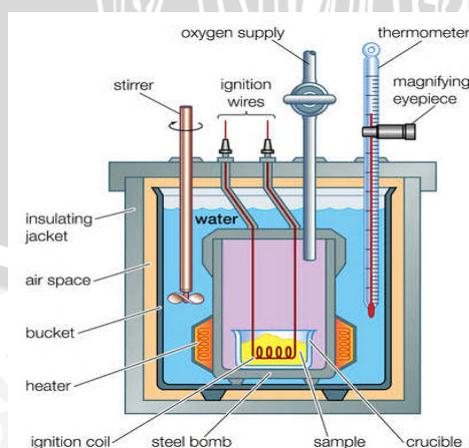
Kadar air adalah banyaknya jumlah air yang dapat terpisah dalam bahan bakar. Kadar air ditentukan dengan menggunakan metode distilasi. Metode *Distilasi* atau penyulingan adalah suatu metode pemisahan secara fisis berdasarkan kemudahan menguap (*volatilitas*) suatu campuran zat cair. Kadar air dalam bahan bakar tidak boleh lebih dari 0,5%. Air yang terkandung dalam bahan bakar dapat menurunkan kualitas spesifikasi bahan bakar yaitu penurunan *heating value*, penurunan temperatur pembakaran, melambatkan proses pembakaran dan menyebabkan pembakaran menjadi tidak sempurna.

2.2.9 Residu Karbon

Adalah karbon yang tertinggal setelah penguapan habis suatu bahan bakar, untuk mengetahui jumlah karbon yang tertinggal dapat dilakukan dengan cara *Conradson carbon* yaitu suatu pengujian dengan cara meletakkan contoh bahan bakar dalam wadah porselen kemudian wadah porselen ditaruh dalam sebuah tabung logam tertutup. Tabung logam dipanaskan sampai bahan bakar yang ditaruh dalam porselen menguap dan meninggalkan residu karbon. Waktu pemanasan bervariasi tergantung jenis bahan bakar. Residu karbon dinyatakan dalam persentase berat. Residu karbon berhubungan dengan jumlah deposit karbon pada tempat bahan bakar. Residu karbon yang tinggi menyebabkan silinder tempat bahan bakar mengalami kerusakan dengan cepat, membuat endapan pada silinder. Ini akan menyebabkan sumbu kompor melekat menjadi keras sehingga deposit karbon akan menghambat saluran bahan bakar. Jadi, semakin rendah residu karbon, efisiensi kompor juga akan semakin baik.

2.3 Bomb calorimeter

Bomb calorimeter adalah alat yang digunakan untuk mengukur besarnya kalor yang bisa dihasilkan dari pembakaran bahan bakar. Sejumlah sampel ditempatkan pada tabung beroksigen yang tercelup dalam medium penyerap kalor (*bomb calorimeter*), dan sampel akan terbakar oleh api listrik dari kawat logam terpasang dalam tabung. Besarnya nilai kalor dilihat dari perbedaan temperatur yang terjadi, yang kemudian dikalikan dengan nilai kalor untuk bahan bakar standar. Contoh instalasi *bomb calorimeter* tampak pada gambar 2.3 di bawah ini.



Gambar 2.3 *Bomb calorimeter*

Sumber: <http://www.precisionnutrition.com/bombcalorimeter>

2.4 Minyak Jarak Pagar (*Jathropa Curcas Linn*)

Bahan bakar minyak jarak adalah bahan bakar yang diperoleh dari proses ekstraksi biji tanaman jarak pagar (*Jatropha Curcas Linn*). Minyak jarak yang digunakan didalam penelitian ini adalah minyak jarak yang diperas dan melalui proses penyaringan tanpa adanya proses transesterifikasi. Wujud dari bahan bakar minyak tanaman jarak pagar ini adalah seperti minyak goreng, baunya tidak mencolok, kental dan licin. Buah jarak yang masih berkulit dijemur dalam beberapa hari sehingga kulit akan keluar dari cangkangnya. Daging buah dan biji tanaman jarak pagar dihancurkan dengan menggunakan mesin blender. Setelah itu, daging buah dan biji yang sudah dihancurkan dimasukkan ke dalam mesin tempa minyak. Dengan melakukan penekanan dongkrak hidrolis, ampas diperas hingga menghasilkan minyak. Kita dapat melihat gambar dari minyak jarak pagar dari gambar 2.4 berikut.



Gambar 2.4 Minyak jarak pagar
Sumber : Hambali; 2007: 15.

Ada beberapa hal yang melatarbelakangi mengapa minyak jarak (*Jathropa Curcas L*) digunakan sebagai bahan bakar alternatif, antara lain:

- Sifat fisika-kimia yang sesuai dengan bahan baku untuk menghasilkan bahan bakar.
- Minyak jarak tidak termasuk minyak pangan.
- Minyak jarak bersifat dapat diperbaharui (*renewable*).
- Tanaman jarak pagar mudah ditemukan karena perkembangbiakannya mudah, tumbuh baik di tanah yang tidak begitu subur, sehingga berpotensi mengubah lahan kritis menjadi lahan yang produktif.

Sifat dan karakteristik minyak nabati dapat dilihat pada tabel 2.2 dan tabel 2.3

Tabel 2.2 Sifat Fisika Minyak Biji Jarak Pagar

Sifat fisik	Satuan	Nilai
Titik nyala	$^{\circ}\text{C}$	236
Densitas pada 15°C	g/cm^3	0.9177
Viskositas pada 30°C	mm^2/s	49.15
Residu karbon	$\%(\text{m}/\text{m})$	0.34
Debu sulfat	$\%(\text{m}/\text{m})$	0.007
Titik tuang	$^{\circ}\text{C}$	-2.5
Kandungan air	ppm	935
Kandungan sulfur	ppm	< 1
Bilangan asam	Mg KOH/g	4.75
Bilangan iod	-	96.5

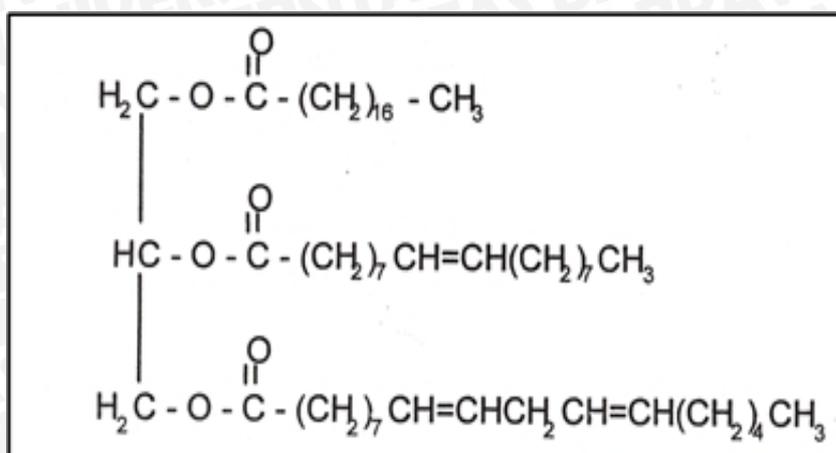
Sumber: www.svlele.com/jatrophaplant.htm

Tabel 2.3 Analisa kimia dari minyak *Jatropha curcas L*

ITEM	VALUE
<i>Acid value</i>	38.2
<i>Saponification value</i>	195.0
<i>Iodine value</i>	101.7
<i>Viscosity (31$^{\circ}\text{C}$) cp</i>	40.4
<i>Fatty acids composition</i>	
<i>Palmitic acid %</i>	4.2
<i>Stearic acid %</i>	6.9
<i>Oleic acid %</i>	43.1
<i>Linoleic acid %</i>	34.3
<i>Other acids %</i>	1.4

Sumber: www.svlele.com/jatrophaplant.htm

Rumus struktur kimia minyak jarak pagar dapat dilihat dari gambar 2.5



Gambar 2.5 Rumus struktur kimia minyak jarak pagar (*Jatropha Curcas L oil*)
 Sumber : www.Bio-technology Research Center ITB.com

Rumus struktur kimia dari minyak jarak pada gambar 2.4 tersebut terlihat bahwa terdapat rantai (*chain*) yang panjang. Rantai panjang menyebabkan atom-atom yang dimilikinya stabil, hal ini berarti dibutuhkan energi yang besar untuk memutuskan rantai-rantai tersebut, sehingga minyak jarak lebih sulit untuk terbakar. Dalam struktur kimia minyak jarak tersebut terdapat ikatan ganda yang mempunyai energi disosiasi lebih besar daripada ikatan tunggal sehingga dibutuhkan energi yang lebih besar untuk memutus ikatan-ikatan atomnya. Energi disosiasi ikatan didefinisikan sebagai sejumlah energi yang dibutuhkan untuk memutuskan satu mol ikatan kimia suatu spesies dalam fase gas. Satuan SI (standar internasional) untuk energi ikatan adalah kilojoule per mole ikatan (KJ/mol), dengan demikian kekuatan suatu ikatan kimia ditentukan oleh energi ikatan yang besarnya tergantung pada sifat ikatan antara atom, yaitu ikatan rangkap dua lebih kuat dibandingkan ikatan tunggal dan ikatan rangkap tiga lebih kuat dibandingkan ikatan rangkap dua. Disamping itu, terdapat hubungan antara energi disosiasi ikatan dan jarak ikatan, yaitu jarak antara inti dari atom-atom yang berikatan. Semakin pendek jarak ikatannya, semakin kuat suatu ikatan kimia.

Adapun data energi ikatan dan jarak ikatan untuk sejumlah ikatan kimia, ditunjukkan pada tabel 2.4 berikut.

Tabel 2.4 Beberapa energi ikatan dan jarak ikatan

Ikatan	Energi ikatan, kJ/mol	Jarak ikatan		Ikatan	Energi ikatan kJ/mol	Jarak ikatan	
		Å	pm			Å	pm
H—H	435	0,74	74	C—O	360	1,43	143
H—C	414	1,10	110	C=O	736	1,23	123
H—N	389	1,00	100	C—Cl	326	1,77	177
H—O	464	0,97	97	N—N	163	1,45	145
H—F	565	1,01	101	N=N	418	1,23	123
H—Cl	431	1,36	136	N≡N	946	1,09	109
H—Br	364	1,51	151	F—F	155	1,28	128
H—I	297	1,70	170	Cl—Cl	243	1,99	199
C—C	347	1,54	154	Br—Br	192	2,28	228
C=C	611	1,34	134	I—I	151	2,66	266
C≡C	837	1,20	120				
C—N	305	1,47	147				
C=N	615	1,28	128				
C≡N	891	1,16	116				

Sumber: Petrucci, 1996: 293

Karena adanya rantai yang panjang dan ikatan rangkap pada struktur kimia minyak jarak maka diperlukan sejumlah energi dari luar yang dapat membantu energi panas untuk proses pemutusan ikatan-ikatan kimia tersebut, sehingga proses pembakaran terjadi lebih cepat. Dengan memberikan panas dari *heater* untuk membuat variasi temperatur pada minyak jarak diharapkan dapat mempengaruhi ikatan kimia antar atom, sehingga ikatannya menjadi lemah.

2.5 Pembakaran

Pembakaran merupakan reaksi kimia oksidasi yang sangat cepat antara oksigen dan bahan yang dapat terbakar disertai dengan timbulnya cahaya (*flame*) dan menghasilkan kalor pada temperatur tinggi (Turns, 1996:12).

Pada proses pembakaran terdapat dua peristiwa utama yang terjadi, yaitu:

1. Komposisi spesies campuran berubah terhadap waktu dan perubahan ini disebabkan oleh proses pada tingkat molekuler.
2. Ikatan-ikatan molekul yang lemah terlepas, kemudian digantikan oleh ikatan yang lebih kuat. Kelebihan energi ikat akan dilepas kedalam sistem yang biasanya menyebabkan kenaikan temperatur.

Berdasarkan dua peristiwa diatas terdapat dua hal yang sangat penting yang harus dipenuhi agar proses pembakaran bisa berlangsung, antara lain kesetimbangan massa dan kesetimbangan energi.

Berdasarkan kondisi campuran bahan bakar dengan oksigen, pembakaran dibedakan menjadi dua jenis yaitu:

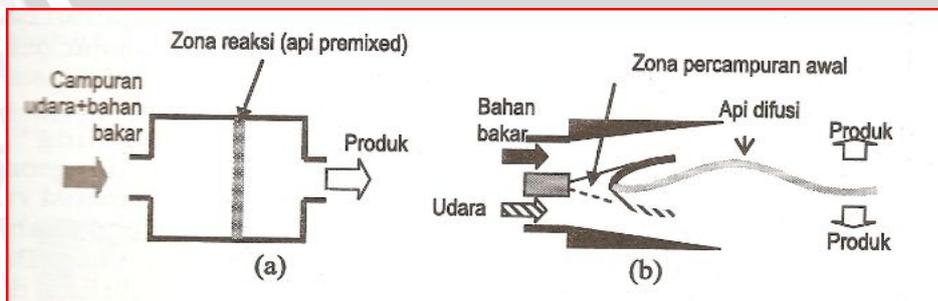
1. Pembakaran difusi yaitu proses pembakaran dimana bahan bakar dan udara sebagai pengoksidasi tidak bercampur secara mekanik, melainkan dibiarkan bercampur secara alami melalui proses difusi selanjutnya baru terjadi pembakaran. Pembakaran difusi lebih didominasi oleh pengadukan (*mixing*) reaktannya dan reaksi terjadi pada jarak antara bahan bakar dan oksidator. Gambar 2.6 memberi contoh pembakaran difusi dari minyak jarak.



Gambar 2.6 Pembakaran difusi pada minyak jarak
 Sumber : <http://jatropa.org/lamps/binga-lamp-bagani-2.jpg>

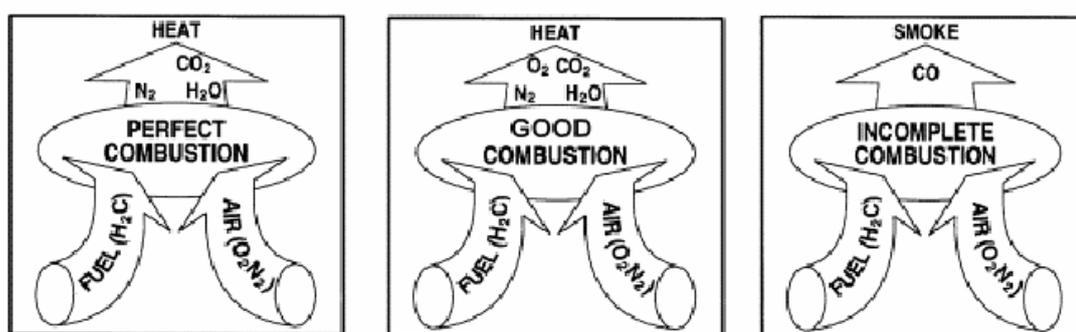
2. Pembakaran *preximed* adalah proses pembakaran dimana bahan bakar dan udara (oksigen) sebagai pengoksidasi sudah bercampur terlebih dahulu secara mekanik sebelum terjadi pembakaran. Keberhasilan dari pembakaran *preximed* dipengaruhi oleh faktor homogenitas campuran udara dan bahan bakar, dimana pembakaran pada campuran udara dan bahan bakar yang tidak homogen menghasilkan pembakaran yang tidak sempurna dan tekanan yang dihasilkan tidak maksimal.

Kita dapat melihat cara reaktan terbakar dari gambar 2.7 berikut.



Gambar: 2.7 Cara reaktan terbakar. (a) pembakaran premix; (b) Pembakaran difusi
 Sumber: Wardana, 2008: 149

Pada dua jenis pembakaran tersebut, diperlukan campuran bahan bakar dengan udara (oksigen) pada komposisi tertentu untuk mendapatkan pembakaran sempurna. Terlalu banyak, atau terlalu sedikitnya bahan bakar pada jumlah udara pembakaran tertentu dapat mengakibatkan tidak terbakarnya bahan bakar dan terbentuknya emisi pembakaran. Jumlah udara (oksigen) tertentu diperlukan untuk pembakaran yang sempurna. Dengan tambahan sejumlah udara (udara berlebih) diperlukan untuk menjamin pembakaran yang sempurna. Walau demikian, terlalu banyak udara berlebih akan mengakibatkan kehilangan panas dan efisiensi. Oleh sebab itu, pembakaran sempurna sulit dicapai, karena pembakaran berlangsung secara kompleks dan banyak faktor yang berpengaruh. Pada gambar 2.8 dapat dilihat berbagai jenis pembakaran yang terjadi, pembakaran sempurna, baik, dan tidak sempurna.



Gambar: 2.8 Pembakaran sempurna, baik, dan tidak sempurna
 Sumber: <http://www.energyefficiencyasia.com/pembakaran>

Penyalan seperti pembakaran juga memerlukan syarat yang dikenal dengan “3T” *rule of thumb* (Kuo, 1986: 735) sebagai berikut:

1. Temperatur (*temperature*) yang harus cukup tinggi untuk dapat menimbulkan reaksi kimia yang signifikan antara bahan bakar dengan udara (oksigen).
2. Turbulensi (*turbulence*) yang harus cukup tinggi agar terjadi pencampuran yang baik antara bahan bakar dengan oksidator dan panas dapat dipindahkan dari ruang bakar ke lingkungan.
3. Waktu (*time*) harus cukup lama agar panas yang dimasukkan ke ruang bakar diserap reaktan sehingga dapat terjadi proses termokimia yang berlangsung secara spontan.

2.6 Karakteristik Pembakaran kompor sumbu

Karakteristik pembakaran adalah besar kemampuan kompor dengan bahan bakar tertentu untuk dapat mengkonversi energi kimia bahan bakar menjadi energi kalor pembakaran. Pada dasarnya tingkat efisiensi dari penggunaan kompor sumbu dapat dibagi atas dua efisiensi yaitu efisiensi kompor itu sendiri dan efisiensi alat masak yang digunakan. Efisiensi alat masak merupakan tingkat kemampuan pada perabot masak yang digunakan untuk menyerap energi yang dikeluarkan dari hasil pembakaran pada kompor sumbu.

Beberapa performa pembakaran yang diteliti adalah:

2.6.1 Laju Kalor *Input* Pembakaran

Laju kalor *input* pembakaran adalah besar energi yang dimiliki bahan bakar per satuan waktu untuk melakukan suatu pembakaran. Rumus yang digunakan adalah :

$$P_i = LHV \times \dot{m}_f \quad \dots \text{(Pallawagau, 1989: 21)}$$

Dimana :

P_i = Laju kalor *input* pembakaran (KJ/s)

LHV = *low heating value* bahan bakar (KJ/Kg)

\dot{m}_f = laju massa alir bahan bakar (Kg/s)

2.6.2 Laju kalor *Output* Pembakaran

Laju kalor *output* pembakaran adalah besar energi yang dihasilkan oleh suatu pembakaran per satuan waktu. Rumus yang digunakan adalah :

$$P_O = \frac{m_g \times C_{p_g} \times T_f}{\Delta t} = \frac{m_g \times h}{\Delta t} \quad \dots \text{(Cengel, 1989: 54)}$$

Dimana :

P_O = Laju kalor *output* pembakaran (KJ/s)

m_g = massa gas (bahan bakar dan udara) (Kg)

C_{p_g} = kalor jenis gas (bahan bakar dan udara) (KJ/Kg.K)

T_f = temperatur rata-rata api pembakaran (K)

h = entalpi pembakaran (KJ/kg)

Δt = lama pembakaran (s)

2.6.3 Efisiensi Konversi Energi

Efisiensi konversi energi adalah besar kemampuan kompor untuk dapat mengkonversi energi yang tersimpan dalam bahan bakar menjadi energi kalor pembakaran. Rumus yang digunakan yaitu :

$$\eta_{KE} = \frac{P_o}{P_i} \times 100\% \quad \dots \text{(Cengel, 1989: 79)}$$

Dimana :

η_{KE} = efisiensi konversi energi (%)

P_o = Laju kalor *output* pembakaran (KJ/s)

P_i = Laju kalor *input* pembakaran (KJ/s)

Rumus diatas menyatakan bahwa energi yang dilepas kompor tidak sepenuhnya diterima air, melainkan terdapat sebagian energi yang hilang seperti, saat konversi bentuk energi, energi berpindah ke badan kompor, atau mengalir ke lingkungan.

2.7 Hipotesis

Dengan memberikan variasi temperatur tertentu pada biokerosin minyak jarak pagar menyebabkan adanya kenaikan energi disosiasi yang besar yang mempercepat tumbukan elektron-elektron bebas pada ikatan kima sehingga ikatannya menjadi lemah dan mempengaruhi karakteristik pembakaran pada kompor sumbu.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental, yaitu dengan melakukan pengamatan secara langsung untuk mencari data sebab-akibat melalui eksperimen sehingga didapatkan data empiris. Dalam hal ini objek penelitian yang diamati adalah variasi temperatur dari biokerosin minyak jarak pagar terhadap karakteristik pembakaran yaitu kalor pembakaran dan unjuk kerja kompor sumbu.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang tidak dipengaruhi oleh variabel lain. Besar variabel bebas dapat kita tentukan, berfungsi sebagai sebab dalam penelitian. Dalam penelitian ini yang menjadi variabel bebas adalah temperatur minyak jarak pagar [°C] yaitu: 40; 50; 60; 70; dan 80 (dengan toleransi 1⁰C)

2. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel dengan besar nilai tergantung dari nilai variabel bebas dan besar variabel terikat dapat diketahui setelah penelitian dilakukan. Dalam penelitian, yang menjadi variabel terikat adalah:

- kalor pembakaran (kJ/kg)
- unjuk kerja kompor biokerosin yang meliputi : laju kalor *input* pembakaran (kJ/s); laju kalor *output* pembakaran (kJ/s); efisiensi konversi energi (%).

3. Variabel Terkontrol

Variabel Terkontrol adalah variabel yang besarnya ditentukan sebelum penelitian dan nilainya dijaga tetap selama pengujian berlangsung.

Dalam penelitian ini variabel terkontrolnya adalah jumlah lubang udara sarangan dalam yaitu 335, 376, dan 458 buah.

3.3 Bahan dan Peralatan yang Digunakan

3.3.1 Bahan yang Digunakan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

Minyak biji jarak pagar \pm 20 liter

3.3.2 Peralatan yang Digunakan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Kompor sumbu digunakan untuk pengamatan unjuk kerja dari kompor dengan melakukan proses pemasakan, dari pengamatan dapat diketahui kelayakan bahan bakar sebagai biokerosin.



Gambar 3.1 kompor sumbu
(Sumber: Laboratorium Penelitian Balittas Malang)

2. *Bomb Calorimeter*



Gambar 3.2 *bomb calorimeter*
(Sumber: Laboratorium Motor Bakar Jurusan Mesin UB)

3. Gelas ukur berfungsi untuk mengukur jumlah takaran dari minyak jarak pagar.



Gambar 3.3 gelas ukur
(Sumber: Laboratorium Penelitian Balittas Malang)

4. Termometer berfungsi untuk mengukur temperatur selama pengujian berlangsung.



Gambar 3.4 termometer
(Sumber: Laboratorium Penelitian Balittas Malang)

5. *Heater* (pemanas) berfungsi untuk memanaskan minyak biji jarak pagar hingga mencapai temperatur yang ditentukan untuk minyak biji jarak pagar.



Gambar 3.5 *heater*
(Sumber: dokumentasi pribadi)

6. Panci berfungsi sebagai wadah air yang akan dipanaskan.



Gambar 3.6 panci air
(Sumber: Laboratorium Penelitian Balittas Malang)

7. *Stopwatch* untuk mengukur lama waktu pembakaran.



Gambar 3.7 *stopwatch*
(Sumber: Laboratorium Penelitian Balittas Malang)

8. *Thermocontrol* untuk menjaga agar panas yang dikeluarkan *heater* sesuai dengan besar variabel bebas yaitu variasi temperatur minyak jarak yang diinginkan.

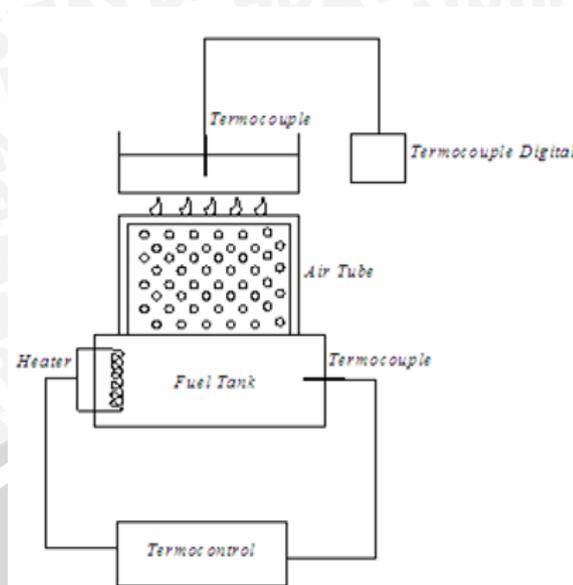


Gambar 3.8 *thermocontrol*
(Sumber: Laboratorium Penelitian Balittas Malang)

9. Timbangan digital untuk mengukur massa minyak jarak dan air sebelum dan setelah pengujian



Gambar 3.9 timbangan digital
(Sumber: Laboratorium Penelitian Balittas Malang)



Gambar 3.10 skema instalasi
Sumber : dokumentasi pribadi

3.4 Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di Laboratorium Penelitian Ballitas Malang untuk melakukan pengujian karakteristik pembakaran kompor sumbu yaitu laju kalor *input* pembakaran (kJ/s); laju kalor *output* pembakaran (kJ/s); efisiensi konversi energi (%); dan sifat fisik biodiesel yaitu kalor pembakaran (kJ/kg).

3.5 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian pembuatan dan pengujian biokerosin adalah sebagai berikut:

1. Siapkan minyak jarak pagar, ukur massanya dengan memakai timbangan digital.
2. Panaskan hingga mencapai temperatur 40°C (toleransi 1°C) jaga temperatur minyak jarak memakai *thermocouple*, kemudian ambil sampel untuk diuji memakai *bomb calorimeter*.
3. Masukkan biokerosin minyak jarak pada tangki bahan bakar kompor sumbu, pengujian pertama memakai kompor sumbu dengan jumlah lubang 335 buah.
4. Ukur massa air memakai temperatur digital dan ukur temperatur awal air sebelum dimasak memakai termometer, lalu letakkan air kedalam panci.
5. Nyalakan kompor sumbu dan masak air, saat kompor menyala, ukur juga temperatur rata-rata api pembakaran. Letakkan panci diatas kompor saat nyala api stabil.
6. Ukur temperatur akhir air, massa akhir air, catat juga waktu yang diperlukan untuk mencapai *boiling point*.

7. Ulangi pengujian dengan memakai variasi temperatur biokerosin minyak jarak pagar [$^{\circ}\text{C}$] yang lain yaitu: 40; 50; 60; 70; dan 80 (dengan toleransi 1°C) dengan memakai kompor sumbu dengan jumlah lubang 376 dan 458 buah.

3.6 Rencana Pengolahan dan Analisis Data

Dalam penelitian ini akan dilakukan pengambilan data dengan variabel bebas temperatur minyak jarak pada tiap-tiap variasi jumlah lubang udara pada kompor sumbu. Dalam bentuk tabel dapat dilihat seperti di bawah ini.

Tabel 3.3 Contoh pengambilan data karakteristik pembakaran kompor sumbu dengan jumlah lubang udara 335 buah.

Temperatur ($^{\circ}\text{C}$) (dengan toleransi 1°C)	Kalor Pembakaran (kJ/kg)	laju kalor <i>input</i> (kJ/s)	laju kalor <i>output</i> (kJ/s)	Efisiensi konversi energi (%)
40				
50				
60				
70				
80				

Untuk variasi persentase jumlah lubang udara yang lain yaitu 376 dan 458 akan dilakukan pengambilan data seperti pada tabel 3.3.

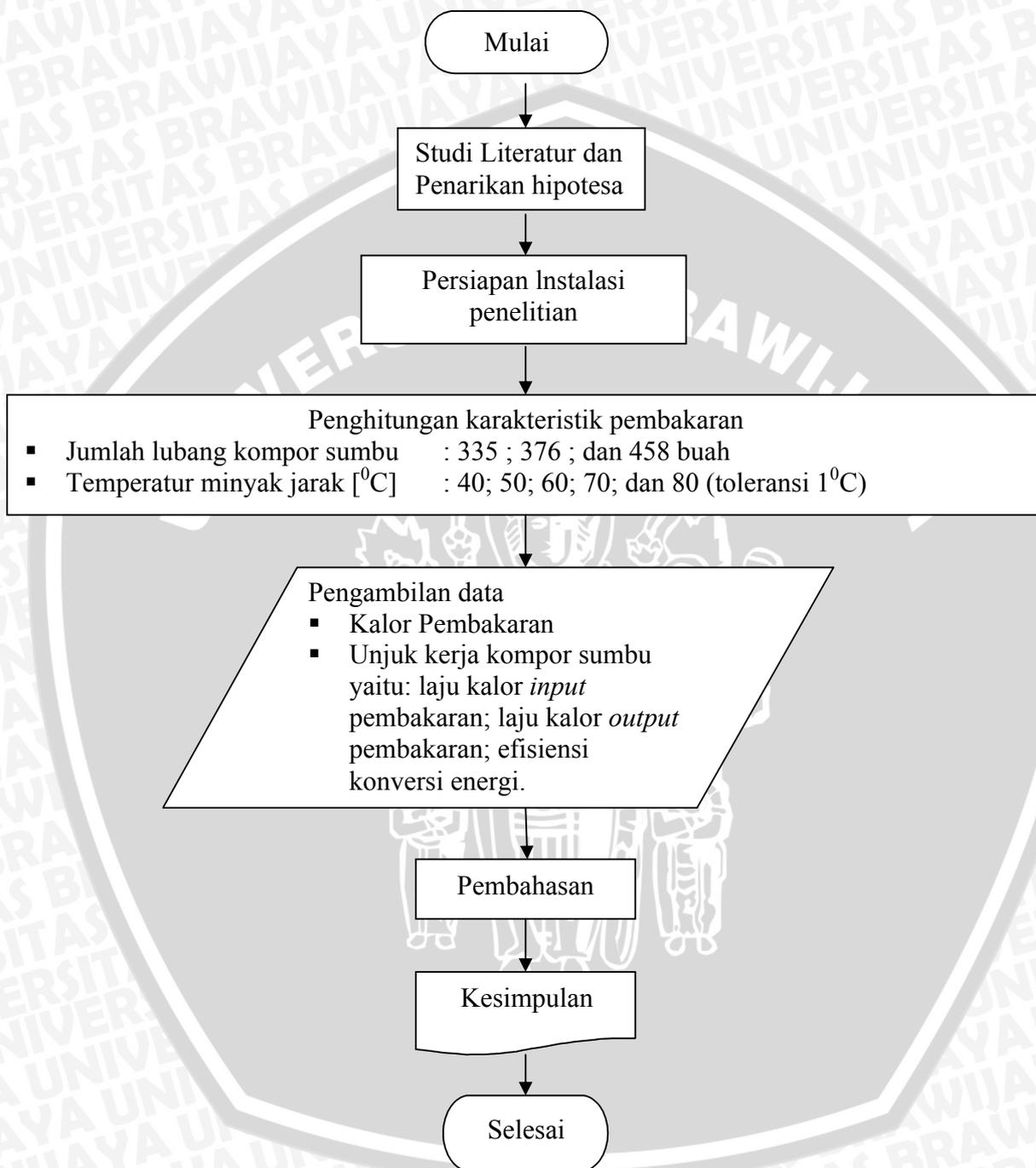
Data tersebut akan diolah dan kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik sehingga mempermudah dalam mengamati pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat.

Adapun rencana grafik yang akan dibuat sebagai berikut ini:

1. Grafik hubungan antara temperatur minyak jarak terhadap kalor pembakaran dengan variasi jumlah lubang udara.
2. Grafik hubungan antara temperatur minyak jarak terhadap laju kalor *input* pembakaran dengan variasi jumlah lubang udara.
3. Grafik hubungan antara temperatur minyak jarak terhadap laju kalor *output* pembakaran dengan variasi jumlah lubang udara.
4. Grafik hubungan antara temperatur minyak jarak terhadap efisiensi konversi energi dengan variasi jumlah lubang udara.

3.7 Diagram Alir Penelitian

Untuk memudahkan dalam melakukan penelitian maka dibuat diagram alir penelitian seperti ditunjukkan pada gambar 3.11



Gambar 3.11 Diagram alir

BAB IV HASIL dan PEMBAHASAN

4.1 Analisis Data

4.1.1 Data Hasil Pengujian

Data hasil pengujian pengaruh temperatur terhadap kalor pembakaran dari biokerosin minyak jarak pagar dapat dilihat pada tabel 4.1 sebagai berikut:

Tabel 4.1 Data hasil uji kalor pembakaran minyak jarak pagar

Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	Kalor Spesifik ($\text{kJ/kg}^{\circ}\text{C}$)	Kalor Pembakaran (cal/gr)
40	1,902	9358,2686
		9454,2656
		9437,792
	Rata-rata	9416,7687
50	1,93	9548,2638
		9527,132
		9588,515
	Rata-rata	9554,63667
60	1,959	9952,046
		9863,34
		10045,157
	Rata-rata	9953,5143
70	1,988	10379,559
		10403,332
		10454,236
	Rata-rata	10412,376
80	2,018	10780,702
		10780,702
		10735,858
	Rata-rata	10765,754

sedangkan data saat pengujian karakteristik pembakaran pada kompor sumbu dapat dilihat pada tabel 4.2; 4.3; dan 4.4 sebagai berikut.

Tabel 4.2 Data hasil pengujian pada kompor sumbu dengan jumlah lubang 335

Temperatur (°C)	Massa Biokerosin (gram)		Waktu Pembakaran (detik)	Massa Air (gram)		Temperatur Air (°C)		Temperatur Pembakaran (°C)
	Awal	Akhir		Awal	Akhir	Awal	Akhir	
40	1500	1495	1451	2000	1988	28	98	1142
	1500	1492	1457	2000	1990	28	98	1134
Rata-rata	1500	1493,5	1454	2000	1989	28	98	1138
50	1500	1488	1415	2000	1986	28	98	1144
	1500	1485	1402	2000	1988	28	98	1140
Rata-rata	1500	1486,5	1408,5	2000	1987	28	98	1142
60	1500	1482	1367	2000	1983	28	98	1152
	1500	1484	1352	2000	1980	28	98	1134
Rata-rata	1500	1483	1359,5	2000	1981,5	28	98	1148
70	1500	1478	1297	2000	1975	28	98	1165
	1500	1474	1278	2000	1974	28	98	1145
Rata-rata	1500	1476	1287,5	2000	1974,5	28	98	1155
80	1500	1471	1208	2000	1968	28	98	1164
	1500	1467	1218	2000	1970	28	98	1172
Rata-rata	1500	1469	1213	2000	1969	28	98	1168

Tabel 4.3 Data hasil pengujian pada kompor sumbu dengan jumlah lubang 376

Temperatur (°C)	Massa Biokerosin (gram)		Waktu Pembakaran (detik)	Massa Air (gram)		Temperatur Air (°C)		Temperatur Pembakaran (°C)
	Awal	Akhir		Awal	Akhir	Awal	Akhir	
40	1500	1487	1388	2000	1990	28	98	1127
	1500	1473	1377	2000	1988	28	98	1123
Rata-rata	1500	1480	1382,5	2000	1989	28	98	1125
50	1500	1472	1297	2000	1985	28	98	1125
	1500	1470	1301	2000	1983	28	98	1129
Rata-rata	1500	1471	1299	2000	1984	28	98	1127
60	1500	1465	1205	2000	1970	28	98	1135
	1500	1466	1211	2000	1972	28	98	1143
Rata-rata	1500	1465,5	1208	2000	1971	28	98	1139
70	1500	1453	1178	2000	1968	28	98	1159
	1500	1456	1180	2000	1969	28	98	1149
Rata-rata	1500	1454,5	1179	2000	1968,5	28	98	1154
80	1500	1450	1145	2000	1963	28	98	1166
	1500	1450	1148	2000	1961	28	98	1170
Rata-rata	1500	1450	1146,5	2000	1962	28	98	1168

Tabel 4.4 Data hasil pengujian pada kompor sumbu dengan jumlah lubang 458

Temperatur (°C)	Massa Biokerosin (gram)		Waktu Pembakaran (detik)	Massa Air (gram)		Temperatur Air (°C)		Temperatur Pembakaran (°C)
	Awal	Akhir		Awal	Akhir	Awal	Akhir	
40	1500	1492	1468	2000	1988	28	98	1117
	1500	1493	1475	2000	1987	28	98	1113
Rata-rata	1500	1492,5	1471,5	2000	1987,5	28	98	1115
50	1500	1485	1391	2000	1980	28	98	1119
	1500	1483	1387	2000	1982	28	98	1111
Rata-rata	1500	1484	1389	2000	1981	28	98	1115
60	1500	1478	1320	2000	1979	28	98	1122
	1500	1475	1323	2000	1978	28	98	1120
Rata-rata	1500	1476,5	1321,5	2000	1978,5	28	98	1121
70	1500	1470	1260	2000	1973	28	98	1123
	1500	1471	1258	2000	1971	28	98	1121
Rata-rata	1500	1470,5	1259	2000	1972	28	98	1122
80	1500	1465	1203	2000	1963	28	98	1128
	1500	1461	1197	2000	1965	28	98	1122
Rata-rata	1500	1463	1200	2000	1964	28	98	1125

4.1.2 Perhitungan

Perhitungan data dilakukan untuk mencari unjuk kerja kompor sumbu adalah sebagai berikut:

Contoh Perhitungan kerja kompor (untuk temperatur minyak jarak pagar 50°C dan jumlah lubang sarangan dalam 376 buah):

Asumsi reaksi pembakaran sempurna minyak jarak pagar (stoikometri) :



a. Laju Kalor *Input* Pembakaran

Diket :

$$HV_{minyak} = 9554,6367 \text{ cal/gr}$$

$$\dot{m}_f = 0,02232 \text{ gr/detik}$$

$$1 \text{ cal} = 0,0041868 \text{ kJ}$$

$$P_i = HV_{minyak} \times \dot{m}_f$$

$$P_i = 9554,6367 \times 0,02232$$

$$P_i = 213,25949 \text{ cal/detik} = 0,89287 \text{ kJ/detik}$$

b. Laju Kalor *Output* Pembakaran :

Diket :

$$T_f = 1127 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t = 1299 \text{ detik}$$

$$AFR = 12,42$$

$$m_g = 0,38918 \text{ kg}$$

$$Cp_g = 1,93 \text{ kJ/kg }^{\circ}\text{C (pada temperatur biokerosin } 50^{\circ}\text{C)}$$

$$P_0 = \frac{m_g \times Cp_g \times T_f}{\Delta t} = \frac{m_g \times h}{\Delta t}$$

$$P_0 = \frac{0,38918 \times 1,93 \times 1127}{1299} = \frac{846,5093}{1299}$$

$$P_0 = 0,65166 \text{ kJ/detik}$$

c. Efisiensi Konversi Energi

$$P_0 = 0,6517 \text{ kJ/s}$$

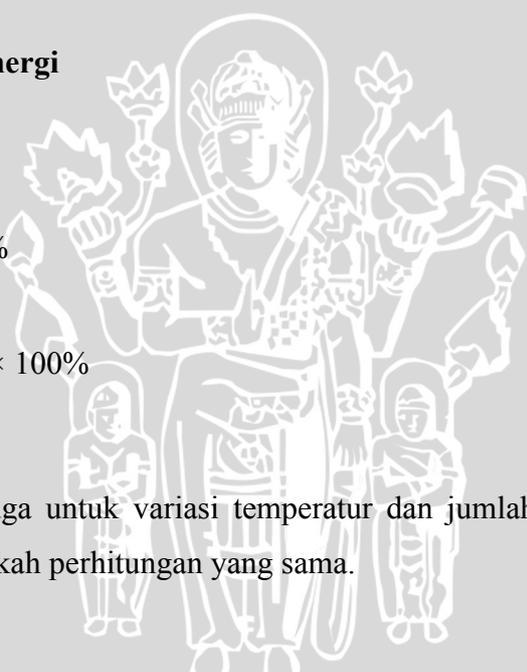
$$P_i = 0,89287 \text{ kJ/s}$$

$$\eta_{KE} = \frac{P_0}{P_i} \times 100\%$$

$$\eta_{KE} = \frac{0,6517}{0,89287} \times 100\%$$

$$\eta_{KE} = 72,98 \%$$

Demikian juga untuk variasi temperatur dan jumlah lubang udara yang lain memakai langkah perhitungan yang sama.



4.1.3 Data Hasil Perhitungan

Data hasil perhitungan selengkapnya ditunjukkan pada Tabel Data Hasil

Perhitungan sebagai berikut :

Tabel 4.5 Data Hasil Perhitungan

T_{bio} ($^{\circ}\text{C}$)	HV (cal/gr)	Lubang Udara 335			Lubang Udara 376			Lubang Udara 458		
		P_i (kJ/s)	P_o (kJ/s)	η_{KE} (%)	P_i (kJ/s)	P_o (kJ/s)	η_{KE} (%)	P_i (kJ/s)	P_o (kJ/s)	η_{KE} (%)
40	9416,7687	0,17625	0,12726	72,2	0,57036	0,41547	72,84	0,20095	0,14805	73,67
50	9554,63667	0,38342	0,2768	72,19	0,89287	0,65166	72,98	0,4608	0,34072	73,94
60	9953,5143	0,52111	0,36852	70,72	1,19018	0,85519	71,85	0,74107	0,53669	72,42
70	10412,376	0,81264	0,55799	68,66	1,6824	1,18815	70,62	1,02148	0,72202	70,68
80	10765,754	1,15193	0,77873	67,6	1,96572	1,37947	67,6	1,38978	0,97529	70,18

Keterangan :

T_{bio} : temperatur biokerosin minyak jarak pagar ($^{\circ}\text{C}$)

HV : Heating Value (cal/gram)

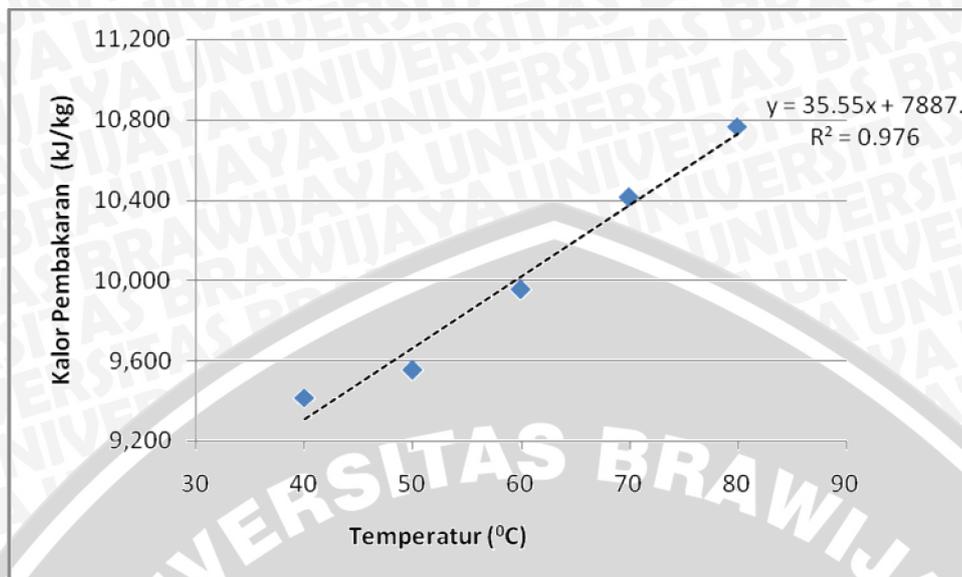
P_i : laju kalor input (kJ/s)

P_o : laju kalor output (kJ/s)

η_{KE} : efisiensi konversi energi (%)

4.2 Grafik dan Pembahasan

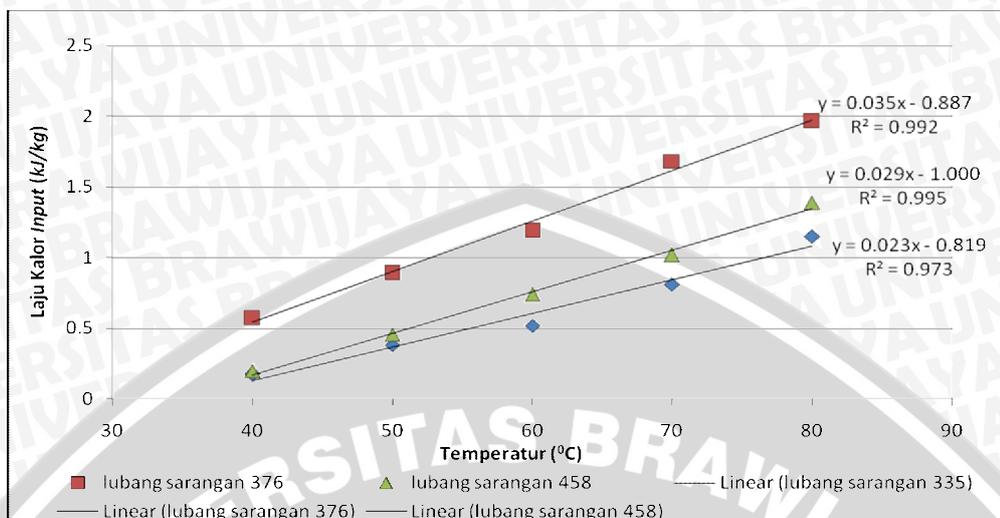
4.2.1 Pengaruh Temperatur Minyak Jarak terhadap Kalor Pembakaran



Gambar 4.1 Grafik hubungan antara temperatur terhadap kalor pembakaran

Dari gambar 4.1 di atas tampak garis parabolik yang dapat disimpulkan bahwa variasi temperatur berpengaruh terhadap kalor pembakaran. Hal ini disebabkan karena dengan semakin besarnya temperatur maka energi disosiasi pada reaksi pembakaran akan meningkat yang menyebabkan kenaikan entalpi pembakaran. Dengan demikian, semakin tinggi temperatur biokerosin maka entalpi pembakaran juga semakin besar, sehingga kalor pembakaran minyak jarak pagar juga makin besar. Namun kenaikan kalor pembakaran biokerosin tidak terlalu besar, walaupun kenaikan temperatur minyak jarak pagar sudah cukup tinggi. Hal ini berlaku umum bagi sebagian besar bahan bakar hidrokarbon. Ini dikarenakan jumlah atom penyusun hidrokarbon yang tidak berubah, namun dengan kenaikan temperatur akan sedikit meningkatkan nilai entalpi pembakaran atom-atom penyusun hidrokarbon.

4.2.2 Pengaruh Temperatur Minyak Jarak terhadap Laju Kalor *Input* Pembakaran pada Variasi Jumlah Lubang Udara



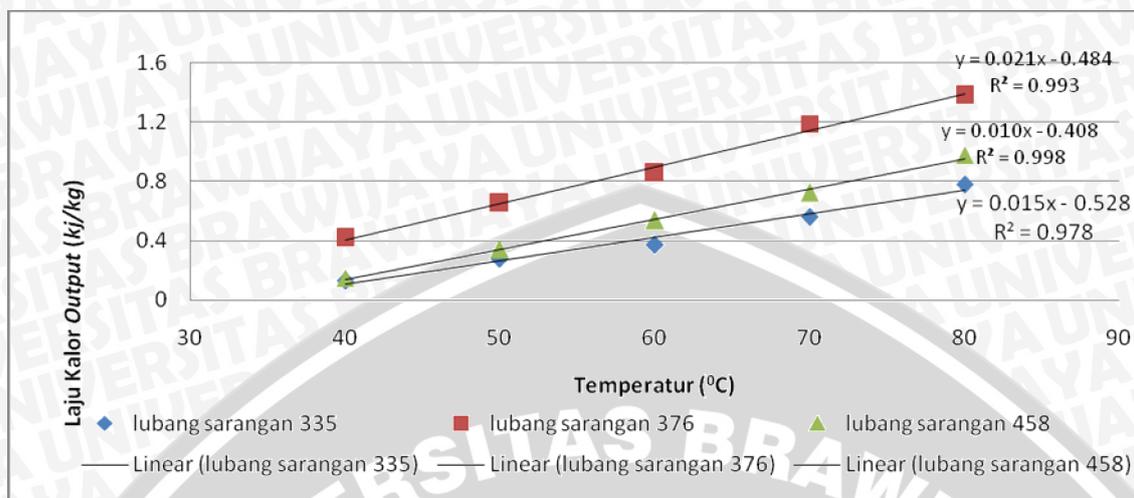
Gambar 4.2 Grafik hubungan antara temperatur terhadap laju kalor *input* pembakaran pada variasi jumlah lubang udara

Dari gambar 4.2 diatas tampak garis parabolik yang dapat disimpulkan bahwa variasi temperatur berpengaruh terhadap laju kalor *input* pembakaran. Hal ini disebabkan karena dengan semakin besarnya temperatur maka kalor pembakaran (*heating value*) minyak jarak pagar juga makin besar. Dengan meningkatnya kalor pembakaran maka laju kalor *input* dari pembakaran minyak jarak pagar juga semakin tinggi. Selain itu, dengan meningkatnya temperatur akan membuat laju massa alir minyak jarak akan semakin tinggi pula. Hal ini dikarenakan viskositas minyak jarak akan semakin turun dengan semakin meningkatnya temperatur minyak jarak pagar. Dengan menurunnya viskositas akan mempermudah cairan minyak jarak mengalir melalui sumbu-sumbu kompor. Meningkatnya kalor pembakaran dan laju massa alir minyak jarak akan meningkatkan laju kalor *input* pembakaran. Ini sesuai dengan rumusan

$$P_i = HV \times \dot{m}_f$$

Dari grafik diatas juga dapat dilihat bahwa jumlah lubang udara pada sarangan dalam mempengaruhi laju kalor *input* pembakaran. Perubahan jumlah lubang udara sarangan dalam akan menyebabkan pasokan udara berubah, sehingga terlalu banyak udara berlebih akan mengakibatkan kehilangan panas dan efisiensi. Ini dikarenakan kelebihan udara akan menyebabkan sifat pembakaran minyak jarak pagar menjadi tidak sempurna. Oleh karena itu, diperlukan jumlah lubang udara sarangan dalam yang sesuai agar pembakaran minyak jarak sempurna dan laju kalor *input* pembakaran tinggi.

4.2.3 Pengaruh Temperatur Minyak Jarak terhadap Laju Kalor Output Pembakaran pada Variasi Jumlah Lubang Udara

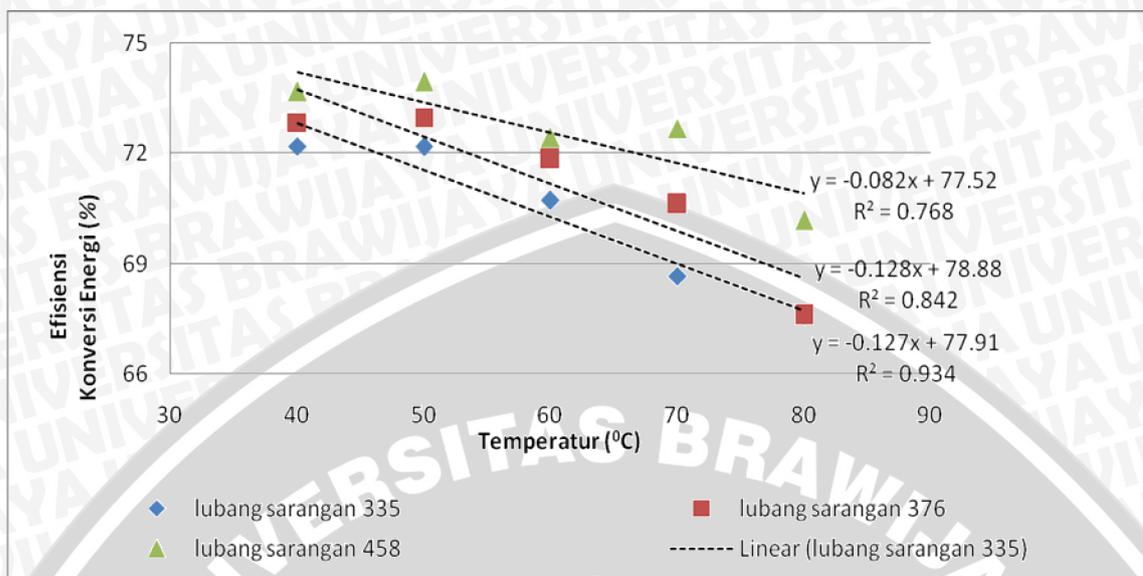


Gambar 4.3 Grafik hubungan antara temperatur terhadap laju kalor *output* pembakaran pada variasi jumlah lubang udara

Dari gambar 4.3 diatas tampak garis parabolik yang dapat disimpulkan bahwa variasi temperatur berpengaruh terhadap laju kalor *output* pembakaran. Hal ini disebabkan karena dengan semakin besarnya temperatur maka waktu pembakaran (Δt) makin singkat. Hal ini sesuai dengan rumusan $P_o = \frac{m_g \times h}{\Delta t}$, dimana semakin tinggi temperatur minyak jarak membuat entalpi pembakaran semakin besar. Entalpi pembakaran berbanding lurus dengan laju kalor *output* pembakaran sehingga semakin besar entalpi pembakaran akan membuat laju kalor *output* pembakaran semakin besar.

Dari grafik diatas juga dapat dilihat bahwa jumlah lubang udara pada sarangan dalam dapat mempengaruhi laju kalor *output* pembakaran. Perubahan jumlah lubang udara sarangan dalam akan menyebabkan perubahan nilai kalor pembakaran. Karena jumlah udara berlebih akan mempengaruhi kesetimbangan komposisi antara bahan bakar dengan udara sehingga sifat pembakaran menjadi tidak sempurna. Dengan demikian entalpi dari pembakaran tidak sempurna menjadi rendah, sehingga laju kalor *output* menjadi rendah.

4.2.4 Pengaruh Temperatur Minyak Jarak terhadap Efisiensi Konversi Energi pada Variasi Jumlah Lubang Udara



Gambar 4.4 Grafik hubungan antara temperatur terhadap efisiensi konversi energi pada variasi jumlah lubang udara

Dari gambar 4.4 di atas tampak garis parabolik yang dapat disimpulkan bahwa variasi temperatur berpengaruh terhadap efisiensi konversi energi. Hal ini disebabkan karena dengan semakin besarnya temperatur akan mempengaruhi besarnya laju kalor *input* dan laju kalor *output* pembakaran minyak jarak pagar. Hal ini sesuai dengan rumusan $\eta_{KE} = \frac{P_o}{P_i} \times 100\%$, dimana variasi temperatur akan mempengaruhi laju kalor *input* dan laju kalor *output* pembakaran. Grafik yang ditunjukkan pada gambar 4.4 cenderung mengalami penurunan karena peningkatan temperatur menyebabkan laju kalor *input* pembakaran meningkat dengan peningkatan yang besar, sedangkan peningkatan laju kalor *output* pembakaran karena kenaikan temperatur lebih rendah.

Dari gambar 4.4 juga dapat dilihat bahwa jumlah lubang udara pada sarangan dalam dapat mempengaruhi efisiensi konversi energi. Dengan memvariasikan jumlah lubang udara pada sarangan dalam akan mempengaruhi laju kalor *input* dan laju kalor *output* pembakaran. Jumlah lubang udara yang tidak tepat akan menyebabkan kelebihan atau kekurangan udara pada proses pembakaran minyak jarak. Komposisi campuran bahan bakar dengan udara yang tidak tepat mengakibatkan kehilangan panas pembakaran dan penurunan efisiensi konversi energi.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa :

- Temperatur minyak jarak dan jumlah lubang udara sarangan dalam kompor sumbu berpengaruh terhadap kalor pembakaran dan unjuk kerja kompor sumbu
- Laju kalor *input* dan laju kalor *output* tertinggi yaitu 1,96572 kJ/kg; dan 1,37947 kJ/kg terjadi pada temperatur yang paling besar yaitu 80⁰C dan pada jumlah lubang udara 376 lubang, sedang efisiensi konversi energi tertinggi yaitu 73,94 % pada temperatur 50⁰C dan jumlah lubang 458 buah.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, peneliti menyarankan untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan dengan berbagai variasi yang lain yaitu:

- Pengaruh jumlah lubang udara dan diameter lubang udara terhadap unjuk kerja kompor sumbu dengan variasi jenis bahan bakar
- Pada penelitian selanjutnya menggunakan alat ukur digital pada pengambilan data temperatur agar lebih mempermudah proses pengambilan data.

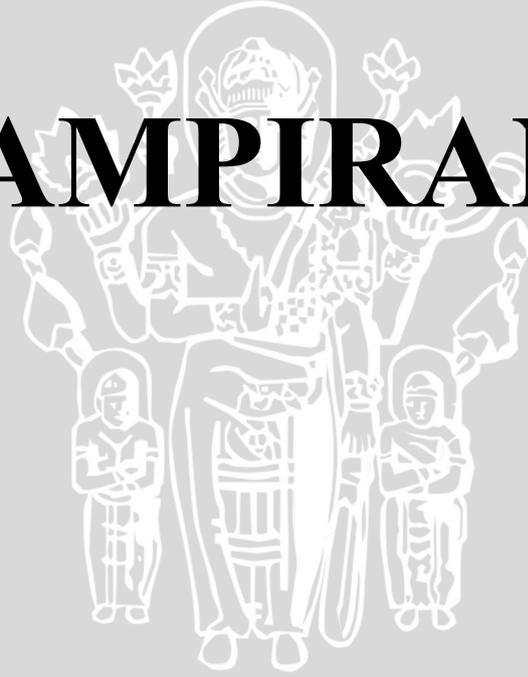


DAFTAR PUSTAKA

- Cengel, Yunus A. dan M. A. Boles; 2006: *Thermodynamics, 5th edition*; Mc Graw Hill, New York.
- Franzini, Joseph B. dan E. John Finnemore; 1997: *Fluid mechanics with engineering applications 9th edition*; McGraw Hill, New York.
- Hambali, Erliza; 2007: *Jarak Pagar Tanaman Penghasil Biodiesel*; Penebar Swadaya, Jakarta.
- Kuo, Kenneth K; 1986: *Principles of Combustion*; John Wiley & Sons, Inc, New Jersey.
- Munson, Bruce R., Young, Donald F dan Okiishi, Theodore H; 2005: *Mekanika Fluida*; cetakan IV; Erlangga, Jakarta.
- Nevers, Noel De; 1991: *Fluid Mechanics for Chemical Engineers*; Mc Graw Hill, New York.
- Pallawagau, Puppung La; 1989: *Pengujian Daya dan Efisiensi Kompor Minyak Tanah Bersumbu*, Jakarta: Legimas.
- Petrucci, Ralph H; 1996: *Kimia Dasar*.
- Turn, Stephen R; 1996: *An Introduction To Combustion*; Mc Graw Hill, New York.
- Wardana, ING; 2008: *Bahan Bakar dan Teknologi Pembakaran*; Jurusan Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang.
- Zemansky, Mark W & Dittman, Richard H; 1982: *Heat and Thermodynamics*; cetakan VI; Mc Graw Hill, New York.
- www.ohamabiofuel.com (diakses 25 April 2010)
- www.svlele.com/jatrophaplant.htm (diakses 20 Juni 2010)
- www.Bio-technology Research Center ITB.com (diakses 27 Juni 2010)
- www.energyefficiencyasia.com/pembakaran (diakses 20 Mei 2010)
- <http://jatropa.org/lamps/binga-lamp-bagani-2.jpg> (diakses 10 April 2010)
- <http://www.precisionnutrition.com/bombcalorimeter> (diakses 29 Mei 2010)

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

LAMPIRAN



Lampiran 1. Foto pengujian



Gambar 1. Pengujian memakai *bomb calorimeter*



Gambar 2. Nyala api pada kompor dengan jumlah lubang udara 335 buah



Gambar 3. Nyala api pada kompor dengan jumlah lubang udara 376 buah



Gambar 4. Nyala api pada kompor dengan jumlah lubang 458 buah

Lampiran 2. Surat keterangan telah melakukan pengujian



KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN MESIN
LABORATORIUM MOTOR BAKAR

Jl. Mayjen Haryono 167 Malang 65145 Telp. 0341-554291 pes.222
motorbakar_mesinub@yahoo.com



SURAT KETERANGAN

No : 053/XI/Lab MB/2010

Yang bertanda tangan dibawah ini menerangkan bahwa :

No.	Nama	NIM	Jurusan
1.	Antonius Yulius Pramono	0610620028	Teknik Mesin

dari Universitas Brawijaya Malang.

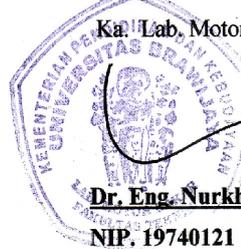
Telah melakukan pengujian *Nilai Kalor* dalam rangka penyelesaian Skripsi dengan judul **Pengaruh Variasi Temperatur Dari Biokerosin Minyak Jarak Pagar terhadap Karakteristik Pembakaran Pada Kompur Sumbu** yang dilaksanakan pada tanggal 1 Oktober 2010 di Laboratorium Motor Bakar Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.

Demikian surat keterangan yang kami buat supaya digunakan sebaik-baiknya.

Malang, 26 Nopember 2010

Mengetahui,

Ka. Lab. Motor Bakar



Dr. Eng. Nurkholis Hamidi, ST, M. Eng

NIP. 19740121 199903 1 001

Lampiran 3. Data hasil pengujian



KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
 UNIVERSITAS BRAWIJAYA
 FAKULTAS TEKNIK JURUSAN MESIN
LABORATORIUM MOTOR BAKAR
 Jl. Mayjen Haryono 167 Malang 65145 Telp. 0341-554291 pes.222
 motorbakar_mesinub@yahoo.com



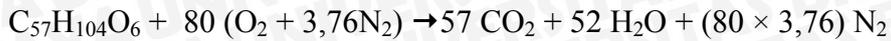
Hasil Uji :

No.	Nama Bahan Uji (Minyak Jarak Pagar) Temperatur (⁰ C)	Nilai Kalor (Kal/gram)	Rata-rata Nilai Kalor (Kal/gram)
1.	40	9358.2686	9416.7687
2.	40	9454.2656	
3.	40	9416.792	
4.	50	9548.2638	9554.6367
5.	50	9527.1320	
6.	50	9588.5150	
7.	60	9952.0460	9953.5143
8.	60	9863.3400	
9.	60	10045.1570	
10.	70	10379.5590	10412.3760
11.	70	10403.3320	
12.	70	10454.2360	
13.	80	10780.7020	10765.7540
14.	80	10780.7020	
15.	80	10735.8580	



Temperatur 40°C dengan jumlah lubang 335 buah

Asumsi reaksi pembakaran sempurna minyak jarak pagar (stoikometri) :



a. Laju Kalor *Input* Pembakaran

Diket :

$$LHV_{minyak} = 9416,7687 \text{ cal/gr}$$

$$m_{minyak} = 0,004470 \text{ gr/detik}$$

$$1 \text{ cal} = 0,0041868 \text{ kJ}$$

$$P_i = LHV_{minyak} \times m_{minyak}$$

$$P_i = 9416,7687 \times 0,004470$$

$$P_i = 42,09697 \text{ cal/detik} = 0,17625 \text{ kJ/detik}$$

b. Laju Kalor *Output* Pembakaran :

Diket :

$$T_f = 1115 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 1454 \text{ detik}$$

$$AFR = 12,42$$

$$m_g = 0,08725 \text{ kg}$$

$$C_{p_g} = 1,902 \text{ kJ/kg }^\circ\text{C (pada temperatur biokerosin } 40^\circ\text{C)}$$

$$P_0 = \frac{m_g \times C_{p_g} \times T_f}{\Delta t} = \frac{m_g \times h}{\Delta t}$$

$$P_0 = \frac{0,08725 \times 1,902 \times 1115}{1454} = \frac{185,039}{1454}$$

$$P_0 = 0,12726 \text{ kJ/detik}$$

c. Efisiensi Konversi Energi

Diket :

$$P_0 = 0,127 \text{ kJ/s}$$

$$P_i = 0,17625 \text{ kJ/s}$$

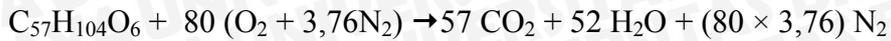
$$\eta_{KE} = \frac{P_0}{P_i} \times 100\%$$

$$\eta_{KE} = \frac{0,127}{0,17625} \times 100\%$$

$$\eta_{KE} = 72,20 \%$$

Temperatur 50°C dengan jumlah lubang 335 buah

Asumsi reaksi pembakaran sempurna minyak jarak pagar (stoikometri) :



a. Laju Kalor Input Pembakaran

Diket :

$$LHV_{minyak} = 9554,6367 \text{ cal/gr}$$

$$m_{minyak} = 0,009585 \text{ gr/detik}$$

$$1 \text{ cal} = 0,0041868 \text{ kJ}$$

$$P_i = LHV_{minyak} \times m_{minyak}$$

$$P_i = 9554,6367 \times 0,009585$$

$$P_i = 91,5780 \text{ cal/detik} = 0,3834 \text{ kJ/detik}$$

b. Laju Kalor Output Pembakaran :

Diket :

$$T_f = 1115 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 1408,5 \text{ detik}$$

$$AFR = 12,42$$

$$m_g = 0,181 \text{ kg}$$

$$C_{p_g} = 1,93 \text{ kJ/kg }^\circ\text{C (pada temperatur biokerosin } 50^\circ\text{C)}$$

$$P_0 = \frac{m_g \times C_{p_g} \times T_f}{\Delta t} = \frac{m_g \times h}{\Delta t}$$

$$P_0 = \frac{0,181 \times 1,93 \times 1115}{1408,5} = \frac{389,87}{1408,5}$$

$$P_0 = 0,27680 \text{ kJ/detik}$$

c. Efisiensi Konversi Energi

Diket :

$$P_0 = 0,27680 \text{ kJ/s}$$

$$P_i = 0,3834 \text{ kJ/s}$$

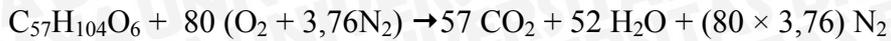
$$\eta_{KE} = \frac{P_0}{P_i} \times 100\%$$

$$\eta_{KE} = \frac{0,27680}{0,3834} \times 100\%$$

$$\eta_{KE} = 72,19 \%$$

Temperatur 60°C dengan jumlah lubang 335 buah

Asumsi reaksi pembakaran sempurna minyak jarak pagar (stoikometri) :



a. Laju Kalor Input Pembakaran

Diket :

$$LHV_{minyak} = 9953,5143 \text{ cal/gr}$$

$$m_{minyak} = 0,0125045 \text{ gr/detik}$$

$$1 \text{ cal} = 0,0041868 \text{ kJ}$$

$$P_i = LHV_{minyak} \times m_{minyak}$$

$$P_i = 9953,5143 \times 0,0125045$$

$$P_i = 124,464687 \text{ cal/detik} = 0,52111 \text{ kJ/detik}$$

b. Laju Kalor Output Pembakaran :

Diket :

$$T_f = 1121 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 1359,5 \text{ detik}$$

$$AFR = 12,42$$

$$m_g = 0,22814 \text{ kg}$$

$$C_{p_g} = 1,959 \text{ kJ/kg }^\circ\text{C (pada temperatur biokerosin } 60^\circ\text{C)}$$

$$P_0 = \frac{m_g \times C_{p_g} \times T_f}{\Delta t} = \frac{m_g \times h}{\Delta t}$$

$$P_0 = \frac{0,22814 \times 1,959 \times 1121}{1359,5} = \frac{501,0043}{1359,5}$$

$$P_0 = 0,36852 \text{ kJ/detik}$$

c. Efisiensi Konversi Energi

Diket :

$$P_0 = 0,36852 \text{ kJ/s}$$

$$P_i = 0,5211087 \text{ kJ/s}$$

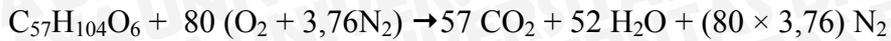
$$\eta_{KE} = \frac{P_0}{P_i} \times 100\%$$

$$\eta_{KE} = \frac{0,36852}{0,5211087} \times 100\%$$

$$\eta_{KE} = 70,72 \%$$

Temperatur 70°C dengan jumlah lubang 335 buah

Asumsi reaksi pembakaran sempurna minyak jarak pagar (stoikometri) :



a. Laju Kalor Input Pembakaran

Diket :

$$LHV_{minyak} = 10412,376 \text{ cal/gr}$$

$$m_{minyak} = 0,01864 \text{ gr/detik}$$

$$1 \text{ cal} = 0,0041868 \text{ kJ}$$

$$P_i = LHV_{minyak} \times m_{minyak}$$

$$P_i = 10412,376 \times 0,01864$$

$$P_i = 194,0948 \text{ cal/detik} = 0,81264 \text{ kJ/detik}$$

b. Laju Kalor Output Pembakaran :

Diket :

$$T_f = 1122 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 1287,5 \text{ detik}$$

$$AFR = 12,42$$

$$m_g = 0,32208 \text{ kg}$$

$$C_{p_g} = 1,988 \text{ kJ/kg }^\circ\text{C (pada temperatur biokerosin } 70^\circ\text{C)}$$

$$P_0 = \frac{m_g \times C_{p_g} \times T_f}{\Delta t} = \frac{m_g \times h}{\Delta t}$$

$$P_0 = \frac{0,32208 \times 1,988 \times 1122}{1287,5} = \frac{718,4110}{1287,5}$$

$$P_0 = 0,55799 \text{ kJ/detik}$$

c. Efisiensi Konversi Energi

Diket :

$$P_0 = 0,55799 \text{ kJ/s}$$

$$P_i = 0,812636 \text{ kJ/s}$$

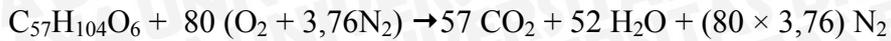
$$\eta_{KE} = \frac{P_0}{P_i} \times 100\%$$

$$\eta_{KE} = \frac{0,55799}{0,81263} \times 100\%$$

$$\eta_{KE} = 68,66 \%$$

Temperatur 80°C dengan jumlah lubang 335 buah

Asumsi reaksi pembakaran sempurna minyak jarak pagar (stoikometri) :



a. Laju Kalor Input Pembakaran

Diket :

$$LHV_{minyak} = 10765,754 \text{ cal/gr}$$

$$m_{minyak} = 0,02556 \text{ gr/detik}$$

$$1 \text{ cal} = 0,0041868 \text{ kJ}$$

$$P_i = LHV_{minyak} \times m_{minyak}$$

$$P_i = 10765,754 \times 0,02556$$

$$P_i = 275,1347 \text{ cal/detik} = 1,15193 \text{ kJ/detik}$$

b. Laju Kalor Output Pembakaran :

Diket :

$$T_f = 1125 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 1213 \text{ detik}$$

$$AFR = 12,42$$

$$m_g = 0,41602 \text{ kg}$$

$$C_{p_g} = 2,018 \text{ kJ/kg }^\circ\text{C (pada temperatur biokerosin } 80^\circ\text{C)}$$

$$P_0 = \frac{m_g \times C_{p_g} \times T_f}{\Delta t} = \frac{m_g \times h}{\Delta t}$$

$$P_0 = \frac{0,41602 \times 2,018 \times 1125}{1213} = \frac{944,6056}{1213}$$

$$P_0 = 0,77873 \text{ kJ/detik}$$

c. Efisiensi Konversi Energi

Diket :

$$P_0 = 0,7787 \text{ kJ/s}$$

$$P_i = 1,15193 \text{ kJ/s}$$

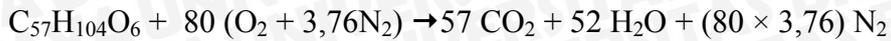
$$\eta_{KE} = \frac{P_0}{P_i} \times 100\%$$

$$\eta_{KE} = \frac{0,7787}{1,15193} \times 100\%$$

$$\eta_{KE} = 67,60 \%$$

Temperatur 40°C dengan jumlah lubang 376 buah

Asumsi reaksi pembakaran sempurna minyak jarak pagar (stoikometri) :



a. Laju Kalor Input Pembakaran

Diket :

$$LHV_{minyak} = 9416,7687 \text{ cal/gr}$$

$$m_{minyak} = 0,014467 \text{ gr/detik}$$

$$1 \text{ cal} = 0,0041868 \text{ kJ}$$

$$P_i = LHV_{minyak} \times m_{minyak}$$

$$P_i = 9416,7687 \times 0,014467$$

$$P_i = 136,2281 \text{ cal/detik} = 0,57036 \text{ kJ/detik}$$

b. Laju Kalor Output Pembakaran :

Diket :

$$T_f = 1125 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 1382,5 \text{ detik}$$

$$AFR = 12,42$$

$$m_g = 0,26844 \text{ kg}$$

$$Cp_g = 1,902 \text{ kJ/kg }^\circ\text{C (pada temperatur biokerosin 40}^\circ\text{C)}$$

$$P_0 = \frac{m_g \times Cp_g \times T_f}{\Delta t} = \frac{m_g \times h}{\Delta t}$$

$$P_0 = \frac{0,26844 \times 1,902 \times 1125}{1382,5} = \frac{574,39449}{1382,5}$$

$$P_0 = 0,41547 \text{ kJ/detik}$$

c. Efisiensi Konversi Energi

Diket :

$$P_0 = 0,41547 \text{ kJ/s}$$

$$P_i = 0,57036 \text{ kJ/s}$$

$$\eta_{KE} = \frac{P_0}{P_i} \times 100\%$$

$$\eta_{KE} = \frac{0,41547}{0,57036} \times 100\%$$

$$\eta_{KE} = 72,84 \%$$

Temperatur 50°C dengan jumlah lubang 376 buah

Asumsi reaksi pembakaran sempurna minyak jarak pagar (stoikometri) :



a. Laju Kalor Input Pembakaran

Diket :

$$LHV_{minyak} = 9554,6367 \text{ cal/gr}$$

$$m_{minyak} = 0,02232 \text{ gr/detik}$$

$$1 \text{ cal} = 0,0041868 \text{ kJ}$$

$$P_i = LHV_{minyak} \times m_{minyak}$$

$$P_i = 9554,6367 \times 0,02232$$

$$P_i = 213,25949 \text{ cal/detik} = 0,89287 \text{ kJ/detik}$$

b. Laju Kalor Output Pembakaran :

Diket :

$$T_f = 1127^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 1299 \text{ detik}$$

$$AFR = 12,42$$

$$m_g = 0,38918 \text{ kg}$$

$$C_{p_g} = 1,93 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \text{ (pada temperatur biokerosin } 50^\circ\text{C)}$$

$$P_0 = \frac{m_g \times C_{p_g} \times T_f}{\Delta t} = \frac{m_g \times h}{\Delta t}$$

$$P_0 = \frac{0,38918 \times 1,93 \times 1127}{1299} = \frac{846,5093}{1299}$$

$$P_0 = 0,65166 \text{ kJ/detik}$$

c. Efisiensi Konversi Energi

Diket :

$$P_0 = 0,6517 \text{ kJ/s}$$

$$P_i = 0,89287 \text{ kJ/s}$$

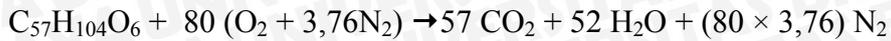
$$\eta_{KE} = \frac{P_0}{P_i} \times 100\%$$

$$\eta_{KE} = \frac{0,6517}{0,89287} \times 100\%$$

$$\eta_{KE} = 72,98 \%$$

Temperatur 60°C dengan jumlah lubang 376 buah

Asumsi reaksi pembakaran sempurna minyak jarak pagar (stoikometri) :



a. Laju Kalor Input Pembakaran

Diket :

$$LHV_{minyak} = 9953,5143 \text{ cal/gr}$$

$$m_{minyak} = 0,02856 \text{ gr/detik}$$

$$1 \text{ cal} = 0,0041868 \text{ kJ}$$

$$P_i = LHV_{minyak} \times m_{minyak}$$

$$P_i = 9953,5143 \times 0,02856$$

$$P_i = 284,268 \text{ cal/detik} = 1,19018 \text{ kJ/detik}$$

b. Laju Kalor Output Pembakaran :

Diket :

$$T_f = 1139 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 1208 \text{ detik}$$

$$AFR = 12,42$$

$$m_g = 0,46299 \text{ kg}$$

$$Cp_g = 1,959 \text{ kJ/kg }^\circ\text{C (pada temperatur biokerosin } 60^\circ\text{C)}$$

$$P_0 = \frac{m_g \times Cp_g \times T_f}{\Delta t} = \frac{m_g \times h}{\Delta t}$$

$$P_0 = \frac{0,46299 \times 1,959 \times 1139}{1208} = \frac{1033,07}{1208}$$

$$P_0 = 0,85519 \text{ kJ/detik}$$

c. Efisiensi Konversi Energi

Diket :

$$P_0 = 0,8552 \text{ kJ/s}$$

$$P_i = 1,190175 \text{ kJ/s}$$

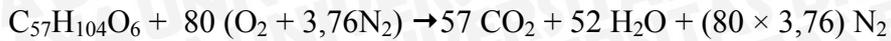
$$\eta_{KE} = \frac{P_0}{P_i} \times 100\%$$

$$\eta_{KE} = \frac{0,8552}{1,190175} \times 100\%$$

$$\eta_{KE} = 71,85 \%$$

Temperatur 70°C dengan jumlah lubang 376 buah

Asumsi reaksi pembakaran sempurna minyak jarak pagar (stoikometri) :



a. Laju Kalor *Input* Pembakaran

Diket :

$$LHV_{minyak} = 10412,376 \text{ cal/gr}$$

$$m_{minyak} = 0,03944 \text{ gr/detik}$$

$$1 \text{ cal} = 0,0041868 \text{ kJ}$$

$$P_i = LHV_{minyak} \times m_{minyak}$$

$$P_i = 10412,376 \times 0,03859$$

$$P_i = 401,8347 \text{ cal/detik} = 1,68240 \text{ kJ/detik}$$

b. Laju Kalor *Output* Pembakaran :

Diket :

$$T_f = 1154 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 1179 \text{ detik}$$

$$AFR = 12,42$$

$$m_g = 0,61061 \text{ kg}$$

$$Cp_g = 1,988 \text{ kJ/kg }^\circ\text{C (pada temperatur biokerosin } 70^\circ\text{C)}$$

$$P_0 = \frac{m_g \times Cp_g \times T_f}{\Delta t} = \frac{m_g \times h}{\Delta t}$$

$$P_0 = \frac{0,61061 \times 1,988 \times 1154}{1179} = \frac{1400,832}{1179}$$

$$P_0 = 1,18815 \text{ kJ/detik}$$

c. Efisiensi Konversi Energi

Diket :

$$P_0 = 1,188152 \text{ kJ/detik}$$

$$P_i = 1,68240 \text{ kJ/detik}$$

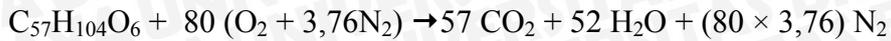
$$\eta_{KE} = \frac{P_0}{P_i} \times 100\%$$

$$\eta_{KE} = \frac{1,188152}{1,68240} \times 100\%$$

$$\eta_{KE} = 70,62 \%$$

Temperatur 80°C dengan jumlah lubang 376 buah

Asumsi reaksi pembakaran sempurna minyak jarak pagar (stoikometri) :



a. Laju Kalor *Input* Pembakaran

Diket :

$$LHV_{minyak} = 10765,754 \text{ cal/gr}$$

$$m_{minyak} = 0,04361 \text{ gr/detik}$$

$$1 \text{ cal} = 0,0041868 \text{ kJ}$$

$$P_i = LHV_{minyak} \times m_{minyak}$$

$$P_i = 10765,754 \times 0,04361$$

$$P_i = 469,5052 \text{ cal/detik} = 1,96572 \text{ kJ/detik}$$

b. Laju Kalor *Output* Pembakaran :

Diket :

$$T_f = 1168 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 1146,5 \text{ detik}$$

$$AFR = 12,42$$

$$m_g = 0,671 \text{ kg}$$

$$Cp_g = 2,018 \text{ kJ/kg }^\circ\text{C (pada temperatur biokerosin } 80^\circ\text{C)}$$

$$P_0 = \frac{m_g \times Cp_g \times T_f}{\Delta t} = \frac{m_g \times h}{\Delta t}$$

$$P_0 = \frac{0,671 \times 2,018 \times 1168}{1146,5} = \frac{1581,563}{1146,5}$$

$$P_0 = 1,37947 \text{ kJ/detik}$$

c. Efisiensi Konversi Energi

Diket :

$$P_0 = 1,37947 \text{ kJ/detik}$$

$$P_i = 1,96572 \text{ kJ/detik}$$

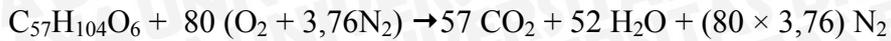
$$\eta_{KE} = \frac{P_0}{P_i} \times 100\%$$

$$\eta_{KE} = \frac{0,7787}{1,15193} \times 100\%$$

$$\eta_{KE} = 67,60 \%$$

Temperatur 40°C dengan jumlah lubang 458 buah

Asumsi reaksi pembakaran sempurna minyak jarak pagar (stoikometri) :



a. Laju Kalor *Input* Pembakaran

Diket :

$$LHV_{minyak} = 9416,7687 \text{ cal/gr}$$

$$m_{minyak} = 0,0050968 \text{ gr/detik}$$

$$1 \text{ cal} = 0,0041868 \text{ kJ}$$

$$P_i = LHV_{minyak} \times m_{minyak}$$

$$P_i = 9416,7687 \times 0,0050968$$

$$P_i = 47,9957 \text{ cal/detik} = 0,20095 \text{ kJ/detik}$$

b. Laju Kalor *Output* Pembakaran :

Diket :

$$T_f = 1138 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 1471,5 \text{ detik}$$

$$AFR = 12,42$$

$$m_g = 0,10065 \text{ kg}$$

$$Cp_g = 1,902 \text{ kJ/kg }^\circ\text{C (pada temperatur biokerosin } 40^\circ\text{C)}$$

$$P_0 = \frac{m_g \times Cp_g \times T_f}{\Delta t} = \frac{m_g \times h}{\Delta t}$$

$$P_0 = \frac{0,10065 \times 1,902 \times 1138}{1471,5} = \frac{217,8545}{1471,5}$$

$$P_0 = 0,14805 \text{ kJ/detik}$$

c. Efisiensi Konversi Energi

Diket :

$$P_0 = 0,148 \text{ kJ/detik}$$

$$P_i = 0,20095 \text{ kJ/detik}$$

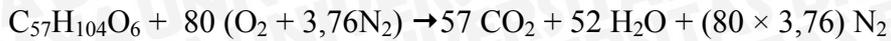
$$\eta_{KE} = \frac{P_0}{P_i} \times 100\%$$

$$\eta_{KE} = \frac{0,148}{0,20095} \times 100\%$$

$$\eta_{KE} = 73,67 \%$$

Temperatur 50°C dengan jumlah lubang 458 buah

Asumsi reaksi pembakaran sempurna minyak jarak pagar (stoikometri) :



a. Laju Kalor *Input* Pembakaran

Diket :

$$LHV_{minyak} = 9554,6367 \text{ cal/gr}$$

$$m_{minyak} = 0,01152 \text{ gr/detik}$$

$$1 \text{ cal} = 0,0041868 \text{ kJ}$$

$$P_i = LHV_{minyak} \times m_{minyak}$$

$$P_i = 9554,6367 \times 0,01152$$

$$P_i = 110,0606 \text{ cal/detik} = 0,46080 \text{ kJ/detik}$$

b. Laju Kalor *Output* Pembakaran :

Diket :

$$T_f = 1142 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 1389 \text{ detik}$$

$$AFR = 12,42$$

$$m_g = 0,21472 \text{ kg}$$

$$Cp_g = 1,93 \text{ kJ/kg }^\circ\text{C (pada temperatur biokerosin } 50^\circ\text{C)}$$

$$P_0 = \frac{m_g \times Cp_g \times T_f}{\Delta t} = \frac{m_g \times h}{\Delta t}$$

$$P_0 = \frac{0,21472 \times 1,93 \times 1142}{1389} = \frac{473,2558}{1389}$$

$$P_0 = 0,34072 \text{ kJ/detik}$$

c. Efisiensi Konversi Energi

Diket :

$$P_0 = 0,34072 \text{ kJ/detik}$$

$$P_i = 0,46080 \text{ kJ/detik}$$

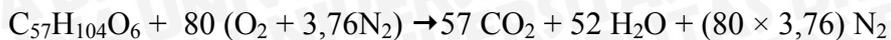
$$\eta_{KE} = \frac{P_0}{P_i} \times 100\%$$

$$\eta_{KE} = \frac{0,34072}{0,46080} \times 100\%$$

$$\eta_{KE} = 73,94 \%$$

Temperatur 60°C dengan jumlah lubang 458 buah

Asumsi reaksi pembakaran sempurna minyak jarak pagar (stoikometri) :



a. Laju Kalor *Input* Pembakaran

Diket :

$$LHV_{minyak} = 9953,5143 \text{ cal/gr}$$

$$m_{minyak} = 0,017783 \text{ gr/detik}$$

$$1 \text{ cal} = 0,0041868 \text{ kJ}$$

$$P_i = LHV_{minyak} \times m_{minyak}$$

$$P_i = 9953,5143 \times 0,017783$$

$$P_i = 177,0016 \text{ cal/detik} = 0,74107 \text{ kJ/detik}$$

b. Laju Kalor *Output* Pembakaran :

Diket :

$$T_f = 1148 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 1321,5 \text{ detik}$$

$$AFR = 12,42$$

$$m_g = 0,31537 \text{ kg}$$

$$C_{p_g} = 1,959 \text{ kJ/kg }^\circ\text{C (pada temperatur biokerosin } 60^\circ\text{C)}$$

$$P_0 = \frac{m_g \times C_{p_g} \times T_f}{\Delta t} = \frac{m_g \times h}{\Delta t}$$

$$P_0 = \frac{0,31537 \times 1,959 \times 1148}{1321,5} = \frac{709,2457}{1321,5}$$

$$P_0 = 0,53669 \text{ kJ/detik}$$

c. Efisiensi Konversi Energi

Diket :

$$P_0 = 0,536697 \text{ kJ/detik}$$

$$P_i = 0,741070 \text{ kJ/detik}$$

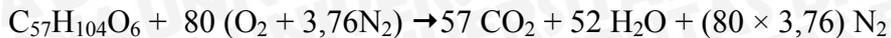
$$\eta_{KE} = \frac{P_0}{P_i} \times 100\%$$

$$\eta_{KE} = \frac{0,536697}{0,741070} \times 100\%$$

$$\eta_{KE} = 72,42 \%$$

Temperatur 70°C dengan jumlah lubang 458 buah

Asumsi reaksi pembakaran sempurna minyak jarak pagar (stoikometri) :



a. Laju Kalor Input Pembakaran

Diket :

$$LHV_{minyak} = 10412,376 \text{ cal/gr}$$

$$m_{minyak} = 0,02343 \text{ gr/detik}$$

$$1 \text{ cal} = 0,0041868 \text{ kJ}$$

$$P_i = LHV_{minyak} \times m_{minyak}$$

$$P_i = 10412,376 \times 0,02343$$

$$P_i = 243,97545 \text{ cal/detik} = 1,02148 \text{ kJ/detik}$$

b. Laju Kalor Output Pembakaran :

Diket :

$$T_f = 1155 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 1259 \text{ detik}$$

$$AFR = 12,42$$

$$m_g = 0,39589 \text{ kg}$$

$$Cp_g = 1,988 \text{ kJ/kg }^\circ\text{C (pada temperatur biokerosin } 70^\circ\text{C)}$$

$$P_0 = \frac{m_g \times Cp_g \times T_f}{\Delta t} = \frac{m_g \times h}{\Delta t}$$

$$P_0 = \frac{0,39589 \times 1,988 \times 1155}{1259} = \frac{909,01886}{1259}$$

$$P_0 = 0,72202 \text{ kJ/detik}$$

c. Efisiensi Konversi Energi

Diket :

$$P_0 = 0,72202 \text{ kJ/detik}$$

$$P_i = 1,0214764 \text{ kJ/detik}$$

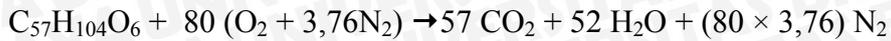
$$\eta_{KE} = \frac{P_0}{P_i} \times 100\%$$

$$\eta_{KE} = \frac{0,72202}{1,0214764} \times 100\%$$

$$\eta_{KE} = 70,68 \%$$

Temperatur 80°C dengan jumlah lubang 458 buah

Asumsi reaksi pembakaran sempurna minyak jarak pagar (stoikometri) :



a. Laju Kalor *Input* Pembakaran

Diket :

$$LHV_{minyak} = 10765,754 \text{ cal/gr}$$

$$m_{minyak} = 0,03083 \text{ gr/detik}$$

$$1 \text{ cal} = 0,0041868 \text{ kJ}$$

$$P_i = LHV_{minyak} \times m_{minyak}$$

$$P_i = 10765,754 \times 0,03083$$

$$P_i = 331,944 \text{ cal/detik} = 1,38978 \text{ kJ/detik}$$

b. Laju Kalor *Output* Pembakaran :

Diket :

$$T_f = 1168 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 1200 \text{ detik}$$

$$AFR = 12,42$$

$$m_g = 0,49654 \text{ kg}$$

$$Cp_g = 2,018 \text{ kJ/kg }^\circ\text{C (pada temperatur biokerosin } 80^\circ\text{C)}$$

$$P_0 = \frac{m_g \times Cp_g \times T_f}{\Delta t} = \frac{m_g \times h}{\Delta t}$$

$$P_0 = \frac{0,49654 \times 2,018 \times 1168}{1200} = \frac{1170,3567}{1200}$$

$$P_0 = 0,97529 \text{ kJ/detik}$$

c. Efisiensi Konversi Energi

Diket :

$$P_0 = 0,9753 \text{ kJ/detik}$$

$$P_i = 1,38978 \text{ kJ/detik}$$

$$\eta_{KE} = \frac{P_0}{P_i} \times 100\%$$

$$\eta_{KE} = \frac{0,9753}{1,38978} \times 100\%$$

$$\eta_{KE} = 70,18 \%$$