

ANALISIS UNJUK KERJA KOMPOR GAS BIOETANOL

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Mesin Universitas
Medan Area

OLEH :

**ARDALTA ATMA MATATIE HAREFA
168130063**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2021**

HALAMAN PENGESAHANBUKU SKRIPSI

Judul proposal : ANALISIS UNJUK KERJA KOMPOR GAS
BIOETANOL.
Nama Mahasiswa : Ardalta Atma Matatie Harefa
NPM : 168130063.
Program Studi : TEKNIK MESIN.
Fakultas : TEKNIK

Disetujui Oleh Komisi Pembimbing

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

(Ir. H. Amirsyah Nst, M.T.,)

NIDN : 0025125606

(Muhammad Idris, S.T., M.T.,)

NIDN : 0106058104

Dekan
(Dr. L. Dina Maizana, M.T.,)
NIDN : 0112096601

Ka. Prodi Teknik Mesin
(Muhammad Idris, S.T., M.T.,)
NIDN : 0106058104

Tanggal Lulus : 10 Juni 2021

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya dalam skripsi ini.

★ Medan, 10 Juni 2021



(Ardalta Atma Matatie Harefa)
(168130063)

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR/SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN
AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Medan Area, Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

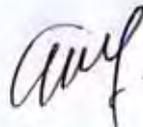
Nama : Ardalta Atma Matatie Harefa
NIM : 168130063
Fakultas : TEKNIK
Program Studi : TEKNIK MESIN
Jenis karya : Tugas Akhir/Skripsi

Demi pengembangan Ilmu Pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Non eksklusif (*Nin-exclusive Royalty-FreeRight*) atas karya ilmiah saya yang berjudul : Analisis Unjuk Kerja Kompor Gas Bioetanol . Dengan Bebas Royalti Non Eksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih mediakan/formatkan, mengelola dalam bentuk perangkat data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir/skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Medan, 10 Juni 2021

Yang menyatakan



(Ardalta Atma Matatie Harefa)
(168130063)

ABSTRAK

Bioetanol merupakan sebuah bahan bakar alternatif yang diolah dari tumbuhan, dimana memiliki keunggulan mampu menurunkan emisi CO₂ hingga 18 %. Dibandingkan dengan emisi bahan bakar fosil seperti minyak tanah. Mengetahui unjuk kerja kompor berbahan bakar bioetanol di bandingkan dengan kompor berbahan bakar pertalite, mengetahui daya kompor bioetanol dan mengetahui jumlah bahan bakar yang digunakan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian nyata (true experimental research). Pada penelitian ini efisiensi kompor bioetanol dengan bahan bakar pertalite yaitu 0,69 % lebih tinggi dari bahan bakar bioetanol 0,67 %. Daya kompor bioetanol dengan bahan bakar pertalite yaitu 2614,65kW sedangkan daya kompor bioetanol lebih rendah yaitu 2297,51kW. Jumlah bahan bakar yang digunakan untuk mendidihkan air dengan bahan bakar pertalite yaitu 0,015 sedangkan bahan bakar bioetanol yaitu 0,035.

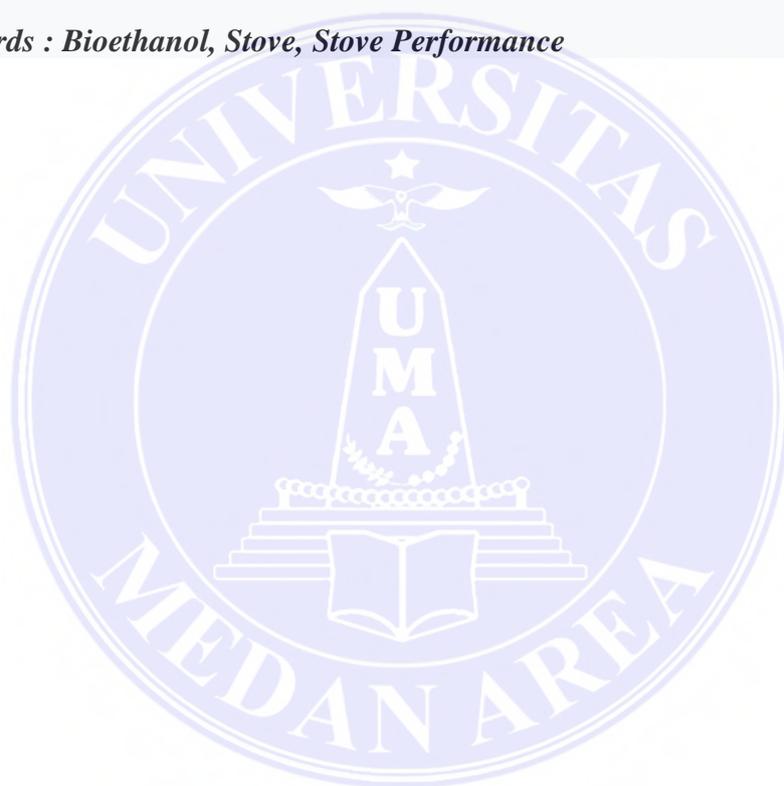
Kata Kunci : Bioetanol, Kompor, Unjuk kerja Kompor



ABSTRACT

Bioethanol is an alternative fuel processed from plants, which has the advantage of being able to reduce CO₂ emissions by up to 18%. Compared with the emissions of fossil fuels such as kerosene. Knowing the performance of bioethanol-fueled stoves compared to pertalite-fueled stoves, knowing the power of bioethanol stoves and knowing the amount of fuel used. The method used in this research is true experimental research. In this study, the efficiency of the bioethanol stove with pertalite fuel was 0.69% higher than that of 0.67% bioethanol fuel. The power of the bioethanol stove with pertalite fuel is 2614.65 kW while the power of the bioethanol stove is lower, namely 2297.51 kW. The amount of fuel used to boil water with pertalite is 0.015, while bioethanol is 0.035.

Keywords : *Bioethanol, Stove, Stove Performance*



RIWAYATHIDUPPENULIS



Penulis bernama Ardalta Atma Matatie Harefa dilahirkan di Dahana pada tanggal 17 Juni 1998. Penulis merupakan anak keempat dari empat bersaudara, pasangan dari Melison Harefa, dan Aminarmin Laia. Penulis menyelesaikan pendidikan di SDN 071223 Orahili Gomo, Kecamatan Gomo, Kabupaten Nias Selatan dan Tamat pada tahun 2010.

Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 1 Gomo dan Tamat pada Tahun 2013. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 1 Gomo. Jurusan Ilmu Pengetahuan Alam dan Tamat pada tahun 2016. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan menjadi mahasiswa Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area dan selesai pada tahun 2021.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin, puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini. Penelitian Tugas Akhir (Skripsi) ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan untuk memperoleh gelar sarjana di Program studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Adapun yang menjadi judul tugas akhir ini yaitu “ANALISIS UNJUK KERJA KOMPOR GAS BIOETANOL”. Banyak pihak yang terlibat yang selalu memberikan motivasi, semangat, petunjuk, dan bimbingan selama proses penyusunan skripsi ini. Pada kesempatan kali ini penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Dadan Ramdan, M.Eng., M.Sc., selaku Rektor Universitas Medan Area yang memberikan izin dan fasilitas untuk penyusunan tugas akhir ini.
2. Ibu Dr. Ir. Dina Maizana, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik yang telah memberikan izin dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Bapak Muhammad Idris, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area dan Bapak M. Yusuf Rahmansyah Siahaan, S.T., M.T., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area yang telah banyak membantu dalam pengurusan administrasi dan bimbingannya.
4. Bapak Ir. H. Amirsyam Nasution, M.T., dan Bapak Muhammad Idris, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing serta meluangkan waktu untuk selalu memberi masukan, saran, dan motivasi selama

penyusunan skripsi ini di Program studi Teknik Mesin Universitas Medan Area.

5. Segenap Bapak/Ibu Dosen Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area dan Pegawai Birokrasi Administrasi Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
6. Kedua orang tua, Bapak Karmawan dan Ibu Wita serta kedua saudaraku, Ichsan dan Raga dan seluruh keluarga yang selalu memberi motivasi, dukungan, dan doa dengan tulus.
7. Teman – teman Program studi Teknik Mesin 2016 Universitas Medan Area, atas kerjasama dan partisipasinya dalam penelitian.
8. Teman-teman seperjuangan satu bimbingan dan partner penelitian sekaligus sahabat deni, dan fendra.
9. Teman yang selalu membantu dan sekaligus penyemangat, Rismaya putri seroja surbakti.
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu menyelesaikan skripsi ini.

Penulis memohon maaf apabila dalam penyusunan skripsi ini banyak kekurangan dan kesalahan, serta jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu Penulis menerima kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca demi kebaikan dan kesempurnaan, Penulis dimasa yang akan datang. Dengan penuh harapan dan Doa Penulis laporan ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Medan, 22 September
2021

(Dio Rahmawan)

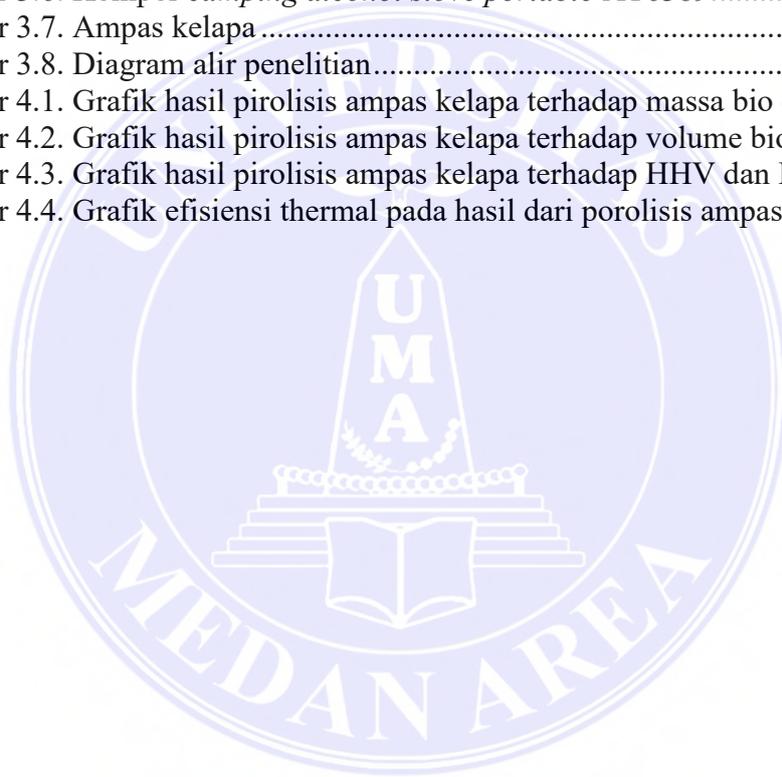
(168130063)

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN BUKU SKRIPSI	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
ABSTRAK	Error! Bookmark not defined.
RIWAYATHIDUPPENULIS	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Perumusan Masalah	2
C. Batasan Masalah	3
D. Tujuan penelitian	3
E. Manfaat penelitian	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	4
A. Energi	4
B. Biomassa	7
C. Ampas kelapa	11
D. Pirolisis	11
E. Bio oil	14
F. Kalor	16
G. Nilai kalor	16
H. Kalorimeter Bom	18
I. Efisiensi kompor	19
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	20
A. Tempat dan Waktu Penelitian	20
B. Alat dan Bahan	20
C. Variabel Penelitian	24
D. Flow <i>Chart</i> (Diagram Alir)	25
E. Prosedur penelitian	26
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	28
A. Hasil penelitian	28
B. Pengolahan Hasil Penelitian	31
C. Pembahasan	40
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	44
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Contoh biomassa	9
Gambar 2.2. Pemanfaatan biomassa sebagai sumber energi	10
Gambar 2.3. Hasil pirolisis biomassa.....	12
Gambar 2.4. Contoh bio oil plastik hasil pirolisis.....	15
Gambar 2.5. Seperangkat Kalorimeter bom dan bagiannya	19
Gambar 3.1. Instalasi pirolisis.....	21
Gambar 3.2. Termometer.	21
Gambar 3.3. Timbangan digital.	22
Gambar 3.4. Kalorimeter Bom.....	22
Gambar 3.5. Kompor.....	23
Gambar 3.6. Kompor <i>camping alcohol stove portable AT6389</i>	23
Gambar 3.7. Ampas kelapa	24
Gambar 3.8. Diagram alir penelitian.....	25
Gambar 4.1. Grafik hasil pirolisis ampas kelapa terhadap massa bio oil.	40
Gambar 4.2. Grafik hasil pirolisis ampas kelapa terhadap volume bio oil.	41
Gambar 4.3. Grafik hasil pirolisis ampas kelapa terhadap HHV dan LHV.	42
Gambar 4.4. Grafik efisiensi thermal pada hasil dari porolisis ampas kelapa.	44



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Perbedaan sifat – sifat Bio oil dengan Solar	15
Tabel 4.1. Pengaruh temperatur pada hasil pirolisis ampas kelapa terhadap bio oil	25
Tabel 4.2. Pengaruh temperatur pada hasil pirolisis ampas kelapa terhadap bio oil	25
Tabel 4.3. Pengaruh temperatur pada hasil pirolisis ampas kelapa terhadap bio oil	26
Tabel 4.4. Data uji kompor berbahan bakar bio oil.....	31



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Krisis energi merupakan masalah yang sedang dihadapi dunia saat ini. Penggunaan bahan bakar minyak dunia semakin meningkat setiap tahunnya. Krisis energi yang dampaknya langsung bisa dirasakan adalah fluktuatifnya harga bahan bakar. Hal ini dipengaruhi oleh kenyataan bahwa kebutuhan terhadap bahan bakar semakin meningkat pesat, sementara itu sumber bahan baku fosil di alam semakin berkurang. Konsekuensinya adalah tanpa energi masyarakat akan kembali ke jaman purba kala [1]. Selain itu, penggunaan bahan bakar fosil juga berdampak pada kehidupan di bumi. Penggunaan bahan bakar yang bersumber dari bahan baku fosil disinyalir sebagai penyebab utama pemanasan global.

Pemerintah Indonesia pastinya sangat mendukung dengan adanya energi baru. Energi baru adalah energi bentuk energi yang dihasilkan oleh teknologi baru baik yang berasal dari energi terbarukan maupun energi yang tak terbarukan, antara lain ; hidrogen, *coal bed methan*, batu bara yang dicairkan (*liquefied coal*). Gasifikasi batu bara (*gasified coal*), dan nuklir. Sedangkan energi terbarukan adalah sumber energi yang dihasilkan dari sumber daya energi yang secara alamiah tidak akan habis dan dapat berkelanjutan jika dikelola dengan baik, antara lain energi panas bumi, bahan bakar nabati (*biofuel*), arus sungai, energi surya, energi angin, biomassa, dan energi laut [2].

Biomassa dari sampah rumah tangga yang dapat diolah menjadi salah satu energi terbarukan yaitu ampas kelapa. Teknologi yang mudah dan sederhana untuk

mengubah biomassa menjadi sumber energi alternatif sekaligus dapat mengurangi massa dan volume sampah adalah pirolisis.

Pirolisis merupakan salah satu teknologi alternatif yang merupakan metode untuk mendapatkan sumber energi hidrokarbon. Teknologi ini adalah teknologi pembakaran tanpa melibatkan oksigen dalam prosesnya. Hasil dari pirolisis ini menghasilkan zat yang ramah lingkungan namun memiliki manfaat yang banyak seperti ; asap cair, tar, arang, dan minyak atsiri.

Ampas kelapa pada dasarnya juga telah banyak digunakan sebagai pakan ternak dan sebagai penelitian sebagai bahan obat di dunia medis. Namun, ampas kelapa tanpa olahan tersebut merupakan biomassa yang digunakan sebagai bahan baku dalam proses pirolisis. Ampas kelapa yang tersedia di sejumlah pasar atau tempat pembuatan bumbu – bumbu masakan. Selama ini ampas kelapa hanya dimanfaatkan sebagai penambah tanah pada tanaman dirumah atau biasa dibuang begitu saja. Pemanfaatan ampas kelapa pada pembuatan asap cair bisa digunakan sebagai energi terbarukan. Untuk itu penulis tertarik untuk mengambil judul “PENGARUH TEMPERATUR PIROLISIS TERHADAP LHV BIO OIL DARI AMPAS KELAPA”.

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka dapat penulis ambil rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh variasi temperatur pirolisis ampas kelapa terhadap massa bio oil ?
2. Bagaimana pengaruh variasi temperatur pirolisis ampas kelapa terhadap volume bio oil ?

3. Bagaimana pengaruh variasi temperatur pirolisis ampas kelapa terhadap nilai kalor bio oil ?
4. Bagaimana hasil efisiensi kompor yang digunakan pada bio oil yang didapatkan dari hasil pirolisis?

C. Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini agar tidak terlalu meluas dapat penulis asumsikan, sebagai berikut :

1. Biomassa yang digunakan adalah ampas kelapa.
2. Kondisi *pyrolyzer* dianggap tidak ada kebocoran.
3. Hanya membahas massa, volume dan nilai kalor bio oil.
4. Menghitung waktu yg dibutuhkan untuk mendidihkan air.

D. Tujuan penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Menghitung massa bio oil biomassa ampas kelapa dengan variasi temperatur pada pirolisis.
2. Menghitung volume bio oil biomassa ampas kelapa dengan variasi temperatur pada pirolisis.
3. Menghitung nilai kalor pada bio oil biomassa ampas kelapa dengan variasi temperatur pada pirolisis.
4. Menghitung unjuk kerja kompor berbahan bakar bio oil hasil pirolisis ampas kelapa.

E. Manfaat penelitian

Manfaat dari penelitian ini agar mahasiswa dapat mengetahui nilai kalor hasil pirolisis ampas kelapa dengan variasi temperatur sehingga mendapatkan

kualitas bio oil hasil pirolisis yang baik. Hasil penelitian ini diharapkan menambah pengetahuan bagi masyarakat tentang pirolisis. Dan memberikan pengetahuan bahwa ada metode lain yg bisa digunakan untuk meningkatkan produk bahan bakar. Dan juga sebagai referensi untuk penelitian yang berkaitan dengan pirolisis biomassa.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Energi

Menurut [3] sumber energi adalah segala sesuatu di sekitar kita yang mampu menghasilkan energi. Di sekitar kita banyak sekali macam macam sumber energi yang bisa menghasilkan berbagai macam energi. Sumber energi secara garis besar dapat dibedakan menjadi dua kelompok yaitu:

1. Sumber Energi Tak Terbarukan

Sumber energi jenis ini jumlahnya terbatas dan tidak dapat diperbarui walaupun ada yang bisa diperbaharui tetapi memerlukan waktu yang sangat lama. sumber energi ini saat ini masih merupakan sumber energi utama yang banyak digunakan walaupun banyak pihak yang sudah beralih menggunakan sumber energi alternatif. Contoh sumber energi tak terbarukan adalah:

a. Sumber energi yang berasal dari fosil

Sumber energi ini sebenarnya bisa diperbaharui tetapi memerlukan waktu hingga jutaan tahun, berasal dari makhluk hidup yang mati dan terpendam dalam tanah hingga jutaan tahun. contohnya Minyak bumi, batu bara.

2. Sumber energi yang terbarukan/dapat diperbaharui

Sumber energi jenis ini yang dapat diperbaharui dan bisa dipakai tanpa khawatir habis. contohnya:

a. Energi surya atau matahari

Energi matahari sangat melimpah jumlahnya khususnya bagi wilayah yang beriklim tropis. pemanfaatan sinar matahari adalah dengan menggunakan sel

surya yang berfungsi mengubah energi surya menjadi energi listrik. Ada juga yang



memanfaatkan sinar matahari untuk memasak dengan menggunakan kompor bertenaga sinar matahari contohnya di negara India.

b. Panas bumi

Panas bumi merupakan energi yang bersumber dari dalam perut bumi, Panas bumi merupakan energi yang melimpah dan terbarukan sehingga tidak perlu khawatir akan kehabisan energi panas bumi. Selain jumlahnya yang melimpah energi ini memiliki harga yang lebih ekonomis dan ramah terhadap lingkungan. Indonesia merupakan salah satu negara di dunia yang kaya akan energi panas bumi, hal ini dikarenakan Indonesia mempunyai banyak gunung berapi aktif yang menjadi keuntungan tersendiri bagi negara kita. Contoh pemanfaatan panas bumi adalah dengan mengubahnya menjadi pembangkit listrik.

c. Angin

Pemanfaatan energi angin sedang gencar-gencarnya dilakukan oleh banyak negara di seluruh dunia karena sumber energi ini tidak terbatas jumlahnya, pemanfaatan energi ini menggunakan kincir angin yang dihubungkan dengan generator atau turbin untuk menghasilkan tenaga listrik.

d. Energi Biomassa

Biomassa terdiri dari Tanaman hidup, pohon mati, dan serpihan kayu. Kebutuhan sumber energi yang tidak terbarukan (bahan bakar fosil) dalam pembangunan, utamanya di dunia industri mengalami perkembangan yang sangat pesat, seperti minyak bumi, batu bara dangas, dimana sumber energi tersebut terus mengalami kenaikan harga. Indonesia mengalami defisit Bahan Bakar Minyak (BBM) dalam jumlah besar, dimana pada tahun 2004 sudah mencapai 17,8 juta kilo liter (kl). Defisit yang sangat besar ini dipenuhi melalui impor BBM

yang mengurangi devisa negara dan pinjaman luar negeri untuk menutup subsidi BBM. Dampak kenaikan harga minyak tanah dirasakan berat oleh Industri Kecil Menengah (IKM) yang produktivitasnya relatif rendah[4].

Negara-negara berkembang juga ambil bagian dalam memperlambat atau mencegah perubahan iklim, pemanasan global dan dalam mengatasi krisis energi bersama-sama dengan negara-negara maju. Negara - negara berkembang memiliki rencana untuk mengembangkan energi terbarukan menggunakan sumber daya alam mereka. Namun, krisis energi menjadi semakin serius, karena negara-negara berkembang pasti akan menggunakan lebih banyak energi di masa depan dibandingkan tahun-tahun terakhir.

Amerika Serikat dan negara-negara Eropa telah membentuk kelompok kerja untuk pengembangan teknologi pirolisis Bioenergi, Badan Energi Internasional sejak tahun 1995 sampai sekarang masih melanjutkan pengembangan teknologi tersebut. Amerika Serikat juga telah melakukan program biomassa multi-year sejak tahun 2007[1]. Dalam penelitian ini pirolisis biomassa ampas kelapa diposisikan sebagai salah satu teknologi kunci untuk produksi bio-oil.

B. Biomassa

Biomassa adalah bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintetik, baik berupa produk maupun buangan. Contoh biomassa antara lain adalah tanaman, pepohonan, rumput, ubi, limbah pertanian, limbah hutan, tinja dan kotoran ternak. Selain digunakan untuk tujuan primer serat, bahan pangan, pakan ternak, minyak nabati, bahan bangunan dan sebagainya, biomassa juga digunakan sebagai sumber energi (bahan bakar). Umum yang digunakan sebagai

bahan bakar adalah biomassa yang nilai ekonominya rendah atau merupakan limbah setelah diambil produknya.

Biomassa terbentuk dari makhluk hidup dalam waktu yang singkat. Tidak seperti minyak bumi yang membutuhkan waktu berjuta-juta tahun untuk dapat terbentuk menjadi bahan bakar minyak mentah. Biomassa memiliki kandungan-kandungan yang dapat dirubah menjadi energi melewati tahapan atau proses tertentu. Berbeda dengan minyak bumi yang memiliki bentuk gas dan cair, biomassa berbentuk padatan sehingga sulit untuk ditransportasikan. Proses tertentu yang dapat merubah biomasa menjadi suatu bentuk energi alternatif yaitu proses pirolisis[5].

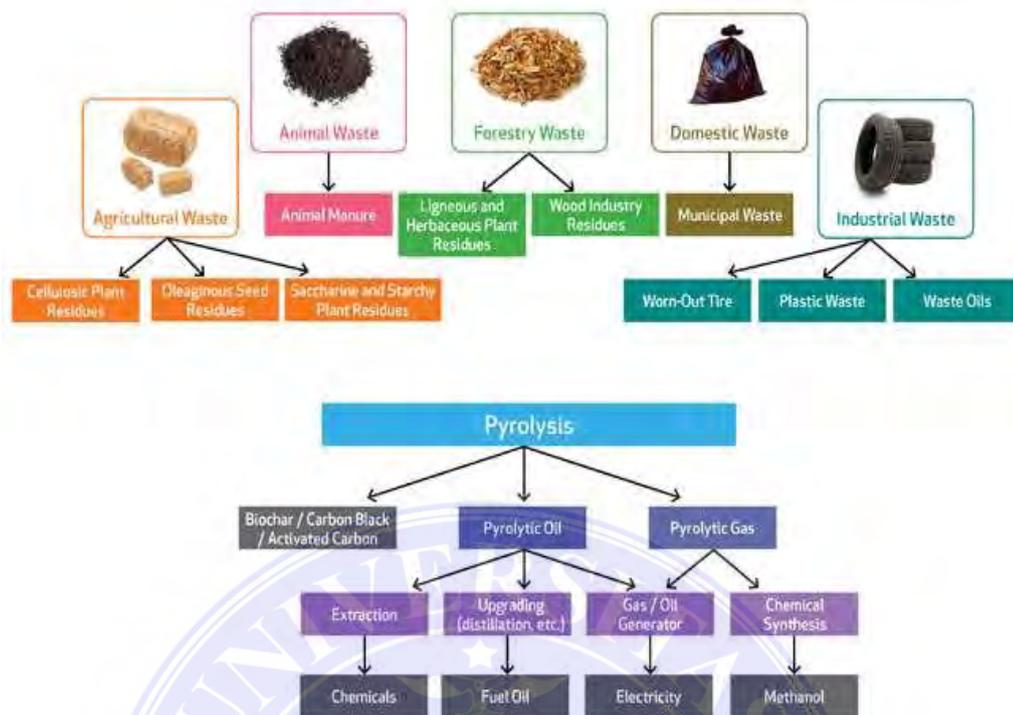
Sumber energi biomassa mempunyai beberapa kelebihan antara lain merupakan energi yang dapat diperbaharui (*renewable*) sehingga dapat menyediakan sumber energi secara berkesinambungan (*sustainable*). Di Indonesia potensi biomassa yang bisa digunakan sebagai sumber energi jumlahnya sangat melimpah. Pada gambar 2.1 terdapat contoh – contoh bahan biomassa yang dapat digunakan. Limbah yang berasal dari tumbuhan maupun hewan semua nya sangat berpotensi untuk dikembangkan. Tanaman, perkebunan, industri maupun rumah tangga menghasilkan limbah yang cukup besar, yang dapat dipergunakan sebagai keperluan seperti bahan bakar nabati. Pemanfaatan limbah sebagai bahan bakar nabatimemberi tiga keuntungan langsung. Pertama, peningkatan efisiensi energisecara keseluruhan karena kandungan energi yang terdapat pada limbah cukupbesar dan akan terbuang percuma jika tidak dimanfaatkan. Kedua, penghematanbiaya, karena seringkali membuang limbah bisa lebih mahal dari pada memanfaatkannya.Ketiga, mengurangi keperluan akan

tempat penimbunan sampah karena penyediaan tempat penimbunan akan menjadi lebih sulit dan mahal, khususnya di daerah perkotaan.



Gambar 2.1. Contoh biomassa.

Agar biomassa bisa digunakan sebagai bahan bakar maka diperlukan teknologi untuk mengkonversinya. Ada beberapa teknologi yang digunakan untuk mengkonversi biomassa, Teknologi konversi biomassa tentu saja membutuhkan perbedaan pada alat yang digunakan untuk mengkonversi biomassa dan menghasilkan perbedaan bahan bakar yang dihasilkan seperti Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Pemanfaatan biomassa sebagai sumber energi.

Secara umum teknologi konversi biomassa menjadi bahan bakar dapat dibedakan menjadi tiga yaitu pembakaran langsung, konversi termokimiawi dan konversi biokimiawi. Pembakaran langsung merupakan teknologi yang paling sederhana karena pada umumnya biomassa telah dapat langsung dibakar. Beberapa biomassa perlu dikeringkan terlebih dahulu dan didensifikasi untuk kepraktisan dalam penggunaan. Konversi termokimiawi merupakan teknologi yang memerlukan perlakuan termal untuk memicu terjadinya reaksi kimia dalam menghasilkan bahan bakar. Sedangkan konversi biokimiawi merupakan teknologi konversi yang menggunakan bantuan mikroba dalam menghasilkan bahan bakar.

Salah satu jenis biomassa yang banyak dijumpai di lingkungan masyarakat adalah ampas kelapa. Ampas kelapa banyak ditemukan di pasar – pasar mingguan maupun pasar- pasar harian dibagian tempat pembuatan bumbu – bumbu masakan. Untuk pembuatan bumbu masakan ada tambahan sebuah santan yang

berasal dari perasan daging buah kelapa yang diparut terlebih dahulu. Hasil sisa perasan daging buah kelapa inilah yang dikatakan sebagai ampas kelapa karena setelah pemerasan dan diambil sari buah kelapanya, sisa – sisa hasil pemerasan akan dibuang begitu saja.

C. Ampas kelapa

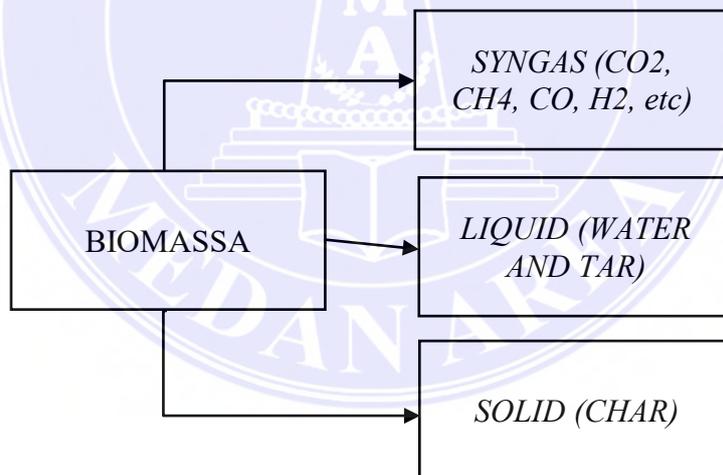
Ampas kelapa merupakan salah satu limbah padat yang dihasilkan dari sisa pengolahan kelapa yang telah diambil santanya dengan cara di ekstrak baik menggunakan tangan maupun menggunakan mesin pres. Umumnya limbah ampas kelapa tersebut sebagian besar ditumpuk dan dibuang ke lingkungan sekitarnya dan hanya sebagian kecil diolah kembali menjadi produk lainnya. yang bermanfaat seperti untuk bahan baku pembuatan pakan ternak, namun proses pengolahan tersebut masih menyisakan limbah ampas kelapa dalam jumlah yang besar. Dalam jangka panjang, limbah ampas kelapa tersebut dapat mencemari lingkungan di sekitarnya seperti tercemarnya sumber air tanah dan menimbulkan pencemaran udara dari bau busuk yang ditimbulkannya. Untuk mengatasi kendala tersebut, limbah ampas kelapa perlu di proses di manfaatkan lebih lanjut. Salah satunya adalah untuk bahan baku pembuatan biodiesel karena kandungan minyak dalam ampas kelapa masih tinggi, yaitu berkisar 15 – 24 %[6].

D. Pirolisis

Pirolisis adalah dekomposisi termal dari bahan bakar menjadi cairan (tar), gas, dan arang padat (char) dengan keadaan tanpa atau jumlah oksigen yang ikut dalam proses hanya sedikit. Penelitian saat ini sedang difokuskan dalam meneliti reaksi pirolisis untuk memahami bagaimana memanipulasi pembentukan pirolisis beberapa produk (minyak, gas, dan bahan kimia lain-lainnya untuk meningkatkan

nilai ekonomis dari pirolisis. Mengidentifikasi bahan baku untuk memanipulasi reaksi pirolisis juga merupakan tujuan dari penelitian pirolisis. Produk pirolisis dapat digunakan sebagai bahan bakar secara langsung atau juga bisa ditingkatkan kualitasnya sehingga bisa dimanfaatkan lebih baik. Produk-produk ini merupakan hasil dekomposisi dari senyawa-senyawa yang terkandung di dalam bahan bakar. Proses pirolisis ini melakukan dekomposisi pada suhu tinggi. Pada umumnya proses dekomposisi pada pirolisis dimulai pada suhu di atas 200°C dan akan berakhir di suhu 450°C - 500°C tergantung dari jenis bahan bakar yang digunakan.

Dekomposisi dari zat/material dalam hal ini akan memakan waktu yang cukup lama tergantung dari besar laju pemanasan yang digunakan. Laju pemanasan ini akan mempengaruhi produk dari proses pirolisis. Berikut hasil energi yang bisa didapatkan dari biomassa seperti gambar 2.3.



Gambar 2.3. Hasil pirolisis biomassa

Temperatur operasi yang digunakan dan waktu tinggal (*residence time*), pirolisis terbagi menjadi 3 yaitu *conventional/slow pyrolysis*, *fast pyrolysis*, dan *flash pyrolysis*.

1. Slow/Conventional Pyrolysis

Slow pyrolysis (pirolisis lambat) dari biomasa dilakukan pada laju pemanasan kurang dari 1°C/s . Mekanisme reaksi yang terjadi dan produk yang dihasilkan sangat berbeda dengan *fast* dan *flash pyrolysis*. Banyak produk berharga yang dihasilkan selama *slow pyrolysis*. Produk utama yang dihasilkan selama *slow pyrolysis* adalah *char* dan *bio-oil*. *Char* dapat digunakan sebagai bahan bakar dalam aplikasi pembakaran. Selain *bio-oil* dan *char* produk-produk Non-combustible, seperti CO_2 , senyawa organik, dan uap air, dihilangkan pada temperatur antara 100°C dan 200°C . Di atas temperatur 200°C , terjadi pemecahan struktur komponen bahan organik menjadi gas dengan massa molekul yang rendah (*volatile*) dan *char* karbon. Pada temperatur 500°C semua *volatile* hilang, yang tersisa adalah *char*.

2. Fast Pyrolysis

Laju pemanasan yang digunakan antara 500 hingga 10^5°C/s . Ukuran spesimen yang digunakan 2 mm agar panas lebih cepat merata dan waktu pemanasan yang digunakan relatif cepat yaitu 0,5-5 detik.

Untuk menghasilkan produk cair yang maksimal, temperatur yang diperlukan kira-kira 500°C , ukuran partikel biomassa ($<2\text{mm}$), kelembaban ($<10\%$) dan uap harus segera dipisahkan dari *char* mencegah reaksi sekunder yang menyebabkan terbentuknya produk.

Hasil dari proses pirolisis cepat adalah 60-75% *bio-oil*, 15-25% *char*, dan 10-20% *non-condensable gas*, tergantung pada bahan baku yang digunakan.

3. Flash Pyrolysis

Karakteristik dari flash pyrolysis yaitu laju pemanasan yang sangat cepat yaitu lebih besar dari 10^5°C/s . Jika dibandingkan dengan *slow pyrolysis*, *char* dan

gas yang dihasilkan lebih sedikit. Pada pirolisis tipe ini dihasilkan tar yang lebih banyak.

E. Bio oil

Bio oil merupakan salah satu produk dari proses pirolisis yang berupa liquid yang berwarna kehitaman yang berasal dari biomassa dari limbah kehutanan dan industri melalui teknologi pirolisis. Tar dihasilkan dari uap yang dikondensasikan sehingga terjadi perubahan fase dari uap menjadi cair. Pada dasarnya tar mengandung air dan juga mengandung char yang ikut terbawa selama proses pirolisis, dan char yang terkandung tergantung dari alat masing-masing. Nama lain dari bio oil adalah tar, pyrolysis oil, bio-crude oil, wood oil, wood liquids dan liquid smoke. Tar terbentuk dari depolimerisasi dari selulosa, hemiselulosa dan lignin. Komposisi kimia yang ada pada tar yaitu formaldehid, asam asetat, fenol, dan anhydrosugar.

Bio oil mempunyai standar warna dari hijau gelap sampai dengan merah gelap mendekati hitam seperti gambar 2.4 tergantung dari bahan dan proses yang digunakan untuk mendapat sebuah produk bio oil.



Gambar 2.4. Contoh bio oil plastik hasil pirolisis.

Kualitas dari bio oil ini dapat dilihat dari berat minyak yang dihasilkan dan nilai kalor yang dimiliki oleh bio oil. Semakin berat massa bio oil maka semakin baik kualitas dari bio oil. Selain itu semakin tinggi nilai kalor yang dimiliki bio oil maka semakin baik pula kualitas dari ini. Air di dalam bio oil ini merupakan akibat dari uap air yang ikut terkondensasi sehingga ikut terjebak dengan bio oil. Bio oil memiliki fungsi untuk pembakaran, bahan bakar mesin diesel dan Combustion Turbines. Tabel 2.2 menunjukkan perbandingan sifat-sifat antara *bio-oil* dan solar. Nilai kalor *bio-oil* sekitar setengah daripada nilai kalor solar. *Bio-oil* yang dihasilkan mempunyaikadar air 20 % (berat). Sehingga *bio-oil* yang dihasilkan bersifat *hydrophilic* dan *immiscible*. Kandungan alkali dalam *bio-oil* dapat menyebabkan korosi.

Tabel 2.1. Perbedaan sifat – sifat Bio oil dengan Solar.

No	Sifat-sifat	Bio oil	Solar
1.	Nilai kalor (Mj/kg)	15-20	42
2.	Viskositas kinematik	78	2-4
3.	Ph	2,3-3,3	5

4.	Air	20-25 (%berat)	0,05 (%volume)
5.	Padatan	<0,1 (%berat)	
6.	Abu	<0,02	0,01
7.	Alkali (Na+K) ppm	5-100	<1

F. Kalor

Kalor adalah salah satu bentuk energi yang dapat diterima / dilepaskan oleh suatu benda. Satuan kalor adalah joule atau kalori. Persamaannya adalah: 1 joule = 0,24 kalori. Menurut [7] kalor dapat didefinisikan sebagai proses transfer energi dari suatu zat ke zat lainnya dengan diikuti perubahan temperatur. Sehingga dapat disimpulkan kalor merupakan suatu bentuk energi yang diterima oleh suatu benda yang menyebabkan benda tersebut berubah suhu atau wujud bentuknya.

1. Kapasitas Panas dan Panas Jenis

Bila energi panas ditambahkan pada suatu zat, maka temperatur zat itu biasanya naik. Jumlah energi Q yang dibutuhkan untuk menaikkan temperatur suatu zat adalah sebanding dengan perubahan temperature dan massa zat itu.

Satuan energi panas yakni kalori, didefinisikan sebagai jumlah energi panas yang dibutuhkan untuk menaikkan temperatur satu gram air sebanyak satu derajat celcius [8].

G. Nilai kalor

Nilai kalor merupakan besar energi yang dapat dilepaskan oleh suatu bahan bakar. Nilai kalor ini dapat menunjukkan kualitas dari suatu bahan bakar. Semakin besar nilai kalor dari suatu bahan bakar berarti ini menunjukkan semakin

besar pula energi panas yang dapat dilepaskan untuk melakukan proses pembakaran maupun pemindahan kalor. Nilai kalor rendah (LHV, *Lower Heating Value*) adalah jumlah energi yang dilepaskan dalam proses pembakaran suatu bahan bakar dimana kalor laten dari uap air tidak diperhitungkan atau setelah terbakar temperatur gas pembakaran dibuat 150°C. Pada temperatur ini air berada dalam kondisi fasa uap. Jika jumlah kalor laten uap air diperhitungkan atau setelah terbakar temperatur gas hasil pembakaran dibuat 25°C maka akan diperoleh nilai kalor atas (HHV, *Higher Heating Value*). Pada temperatur ini air akan berada dalam kondisi fasa cair. Salah satu cara untuk mengukur nilai kalor suatu bahan bakar adalah dengan menggunakan bomb kalorimeter. Caranya adalah dengan membakar bahan bakar yang akan diuji menggunakan arus listrik, kemudian mencatat kenaikan suhu yang terjadi pada kalorimeter kemudian membandingkannya dengan standar asam benzoat untuk mendapatkan nilai kalor bahan bakar tersebut.

Untuk menghitung nilai kalor atas (HHV) dan nilai kalor bawah (LHV) bahan bakar digunakan persamaan :

$$HHV = \frac{C (T_1 - T_2)}{m} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$LHV = HHV - 3240 \dots\dots\dots (2.2)$$

dimana :

HHV = Nilai kalor atas(kJ/kg).

LHV = Nilai kalor bawah (kJ/kg).

C = Kapasitas panas calorimeter= 2325 kal/°C.

T₁ = Temperatur sebelum pembakaran (°C).

T₂ = Temperatur akhir setelah pembakaran (°C).

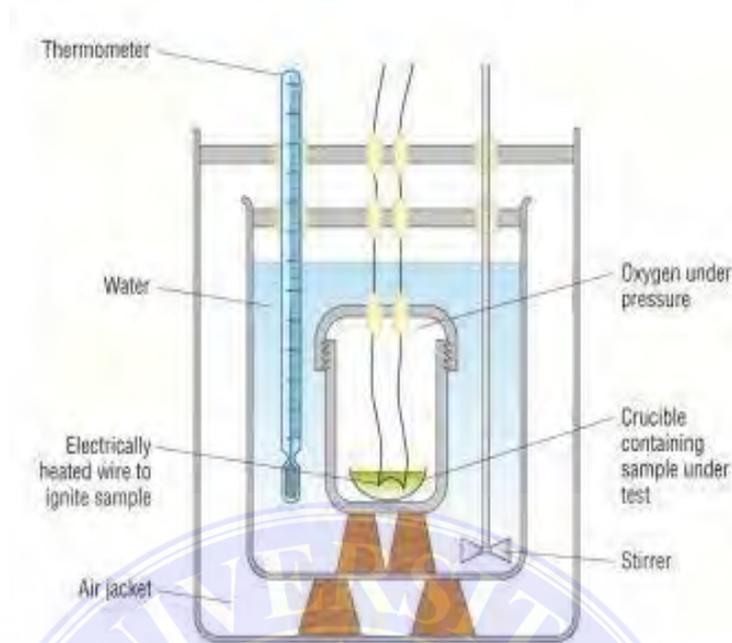
m =Massa bahan bakar yang diuji (gram).

H. Kalorimeter Bom

Kalorimeter ialah sebuah pesawat yang pertukaran kalor denganlingkungannya dibatasi sejauh mungkin. Kalorimeter dipakai untuk berbagaimacam pengukuran, misalnya panas jenis, panas destilasi, panas lebur, dan lain - lain.

Pengukuran kalorimeter, harus diusahakan agar suhu awal dan suhu akhir kalorimeter terletak simetris terhadap suhu kamar. Maksudnya apabila terjadi pelepasan kalor ke lingkungannya dan penyerapan kalor dari lingkungannya, maka kedua jumlah kalor ini sedapatmungkin harus sama sehingga salah ukur yang diakibatkannya menjadi serendahmungkin[9].

Kalorimeter bom seperti pada gambar 2.5 adalah alat yang digunakan untuk mengukur jumlah kalor (nilai kalori) yang dibebaskan pada pembakaran sempurna (dalam oksigen berlebih) suatu senyawa, bahan makanan, dan bahan bakar. Sejumlah sampel ditempatkan pada tabung beroksigen yang dimasukkan dalam medium penyerap kalor (kalorimeter), sampel tersebut dibakar oleh api listrik yang berasal dari kawat logam (pemanas) yang terpasang dalam tabung[10].



Gambar 2.5. Seperangkat Kalorimeter bom dan bagiannya.

I. Efisiensi kompor

1. Panas Sensibel

Panas sensibel adalah jumlah energi panas yang diperlukan untuk menaikkan temperatur air. Panas sensibel diukur sebelum dan sesudah air mencapai temperatur pendidihan. Panas sensibel dihitung menggunakan rumus:

$$Q_{SH} = \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T \dots\dots\dots (\text{Pers. 2.3})$$

dimana :

$$Q_{SH} = \text{panas sensible (kJ/s)}$$

$$\dot{m} = \text{laju massa air (kg/s)}$$

$$C_p = \text{panas jenis air } 28^\circ\text{C (4,1788 kJ/kg}^\circ\text{C)}$$

$$\Delta T = \text{beda temperature air (}^\circ\text{C)}$$

2. Panas Laten

Panas laten adalah jumlah energi panas yang digunakan dalam menguapkan air. Panas laten dihitung menggunakan rumus :

$$Q_{LH} = W_e \times H_{fg} \dots\dots\dots(\text{Pers. 2.4})$$

dimana:

$$Q_{LH} = \text{panas laten (kj)}$$

$$W_e = \text{laju massa air yang diuapkan (kg/s)}$$

$$H_{fg} = \text{panas laten penguapan air } 28^\circ\text{C (2436,56 kJ/kg)}$$

3. Input EnergiPanas

Input energi panas adalah jumlah energi panas yang tersedia dalam bahan bakar. Input energi panas dihitung menggunakan rumus :

$$Q_{in} = W_f \times LHV \dots\dots\dots(\text{Pers. 2.5})$$

dimana :

$$Q_{in} = \text{energi panas tersedia dalam bahan bakar (kj)}$$

$$W_f = \text{laju kebutuhan bahan bakar (kg/s)}$$

$$LHV = \text{nilai kalor rendah (low heating value) bahan bakar (kj/kg)}$$

4. Efisiensi Termal

Efisiensi termal adalah rasio energi yang digunakan dalam pendidihan dan dalam penguapan air terhadap energi panas yang tersedia dalam bahan bakar. Efisiensi termal dihitung dengan rumus :

$$\eta = \frac{Q_{SH} + Q_{LH}}{Q_{in}} \times 100 \dots\dots\dots(\text{Pers. 2.6})$$

Dimana :

$$\eta = \text{efisiensi termal (\%)}$$

$$Q_{SH} = \text{panas sensibel (kj/s)}$$

$$Q_{LH} = \text{panas laten (kj/s)}$$

$$Q_{in} = \text{energi panas tersedia dalam bahan bakar (kj/s)}$$

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang dilakukan didalam penelitian ini adalah penelitian nyata (*true experimental research*) yang dilaksanakan di bengkel laboratorium UNIVERSITAS MEDAN AREA untuk mendapatkan pengetahuan dan pemahaman mengenai pengaruh nilai kalor bio oil yang berasal dari ampas kelapa setelah dilakukannya pirolisis.

A. Tempat dan Waktu Penelitian

1. Tempat

Kegiatan ini dilaksanakan di WORKSHOP BERSAMA Tanjung Morawa Jln. Utama Dusun IV, Punden Rejo. Dan pada pengujian nilai kalor di LABORATORIUM PENGUJIAN MESIN UNIVERSITAS HARAPAN MEDAN.

2. Waktu

Waktu pelaksanaan penelitian dan kegiatan pengujian ini dilakukan mulai dari tanggal 17 November 2020 sampai dengan tanggal 16 Januari 2021 dan pada pengujian nilai kalor sampel diantar pada tanggal 1 Februari 2021 dan hasil yg diberikan pada tanggal 26 Februari 2021.

B. Alat dan Bahan

1. Alat

a. Instalasi pirolisis

Instalasi ini berfungsi untuk mengdekomposisikan bahan baku yaitu ampas kelapa dimasukan ke pyrolizer dan kemuadia akan diatur temperaturnya seperti pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Instalasi Pirolisis

b. Termometer

Termometer adalah alat yang dapat digunakan dalam mengukur suhu atau temperatur pada perubahan suhu seperti gambar 3.2. Istilah pada termometer berasal dari bahasa Latin yang berarti thermo, artinya panas dan meter artinya untuk mengukur.



Gambar 3.2. Termometer.

c. Timbangan digital

Timbangan digital adalah alat yg digunakan dalam mengukur massa bio oil pada hasil pirolisis seperti pada gambar 3.3.



Gambar 3.3. Timbangan digital.

d. Kalorimeter bom

Adalah alat yang digunakan untuk mengukur jumlah kalor (nilai kalor) yang dibebaskan pada pembakaran sempurna (dalam oksigen berlebih) suatu senyawa, bahan makanan, bahan bakar seperti pada gambar 3.4. Kapasitas panas kalorimeter = $2325 \text{ kal/}^{\circ}\text{C}$.



Gambar 3.4. Kalorimeter Bom

e. Kompor

Kompor yang digunakan berbahan bakar gas untuk memanaskan bejana pirolisis seperti gambar 3.5.



Gambar 3.5. Kompor

f. Kompor *camping alcohol stove portable* AT6389.

Kompor camping ini digunakan untuk pengujian uji efisiensi kompor pada bio oil hasil pirolisis pada seperti gambar 3.6.



Gambar 3.6. Kompor *camping alcohol stove portable* AT6389.

2. Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini ada ampas kelapa seperti pada gambar 3.6.



Gambar 3.7. Ampas kelapa

C. Variabel Penelitian

Variabel merupakan besaran yang bisa berubah dan berpengaruh terhadap hasil penelitian. Adanya variabel juga turut mempermudah dalam menganalisis suatu permasalahan. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini ada 2 yaitu variabel bebas dan tetap.

1. Variabel bebas

Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi dalam penelitian. Adapun variabel bebas dalam penelitian ini sebagai berikut :

- a. Variasi temperatur pemanas bejana pirolisis : 250°C, 300°C, 350°C, 400°C.
- b. Input energi panas.

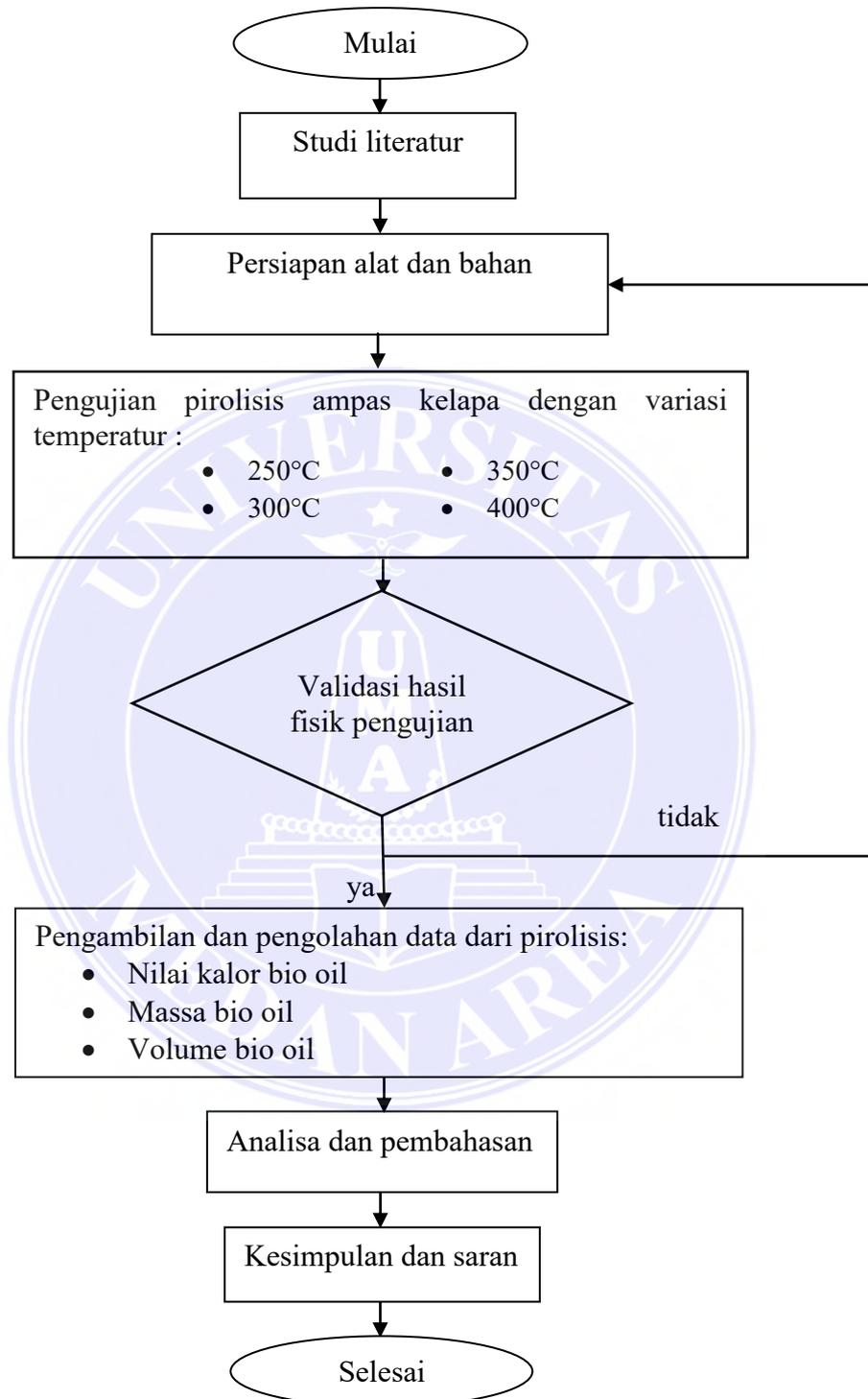
2. Variabel tetap

Variabel tetap adalah variabel yang dipengaruhi dalam penelitian. Adapun variabel tetap dalam penelitian ini sebagai berikut :

- a. Nilai kalor.
- b. Efisiensi thermal.

D. Flow Chart (Diagram Alir)

1. Metodologi Penyusunan Penelitian



Gambar 3.8. Diagram alir penelitian

E. Prosedur penelitian

1. Prosedur penelitian meliputi persiapan yaitu :
 - a. Menyiapkan ampas kelapa yang sudah dibersihkan dari kotoran atau benda – benda yang tercampur di tumpukan ampas kelapa.
 - b. Menimbang massa ampas kelapa seberat 2 kg sekali pengujian.
 - c. Menyiapkan instalasi penelitian sesuai skema instalasi yang diharapkan.
 - d. Mengecek instalasi alat yang telah disiapkan supaya tidak terjadi hal – hal yang tidak diinginkan dan memastikan semua alat telah terpasang dengan benar.
 - e. Melakukan prosedur pirolisis dengan variasi temperatur.

Prosedur pirolisis menyertai sebagai berikut :

1. Setelah semua prosedur persiapan telah dilakukan maka spesimen uji dimasukkan ke dalam bejana pirolisis.
2. Memanaskan bejana dengan kompor sesuai dengan suhu yang ditentukan yaitu 250°C, 300°C, 350°C dan 400°C.
3. Proses pirolisis yang dilakukan selama 2 jam. Apabila setelah menempuh 2 jam maka kompor dimatikan dan hasil pirolisis diambil.
4. Ukur massa dan volume bio oil hasil pirolisis.
5. Ulangi prosedur pirolisis dengan variasi suhu pemanasan dengan massa bahan yg sama untuk pirolisis selanjutnya.
- f. Menghitung nilai kalor dengan menggunakan alat bom kalori bio oil hasil dari pirolisis. Menghitung nilai kalor bio oil dengan rumus :

$$HHV = \frac{C (T_1 - T_2)}{m}$$

$$LHV = HHV - 3240$$

dimana :

HHV = Nilai kalor atas(kJ/kg)

LHV = Nilai kalor bawah (kJ/kg)

C = Kapasitas panas calorimeter= 2325 kal/°C

T₁ = Temperatur sebelum pembakaran (°C)

T₂ = Temperatur akhir setelah pembakaran (°C)

m = Massa bahan bakar yang diuji (gram)

3240 = Nilai kalori air



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Pengaruh temperatur pirolisis terhadap massa bio oil dari ampas kelapa dapat dilihat bahwa semakin tinggi temperatur pada pirolisis maka semakin banyak massa bio oil yang dihasilkan dan semakin rendah temperatur pada pirolisis maka semakin sedikit massa bio oil yg dihasilkan. Terlihat pada hasil penelitian yang menunjukkan massa bio oil yang dihasilkan semakin banyak seperti pada temperatur 250°C menghasilkan 1,04 g bio oil, 300°C menghasilkan 4 g bio oil, 350°C menghasilkan 16 g bio oil dan mengalami kenaikan yang sangat signifikan pada temperatur 400°C menghasilkan 164 g bio oil.
2. Volume bio oil dapat dilihat bahwa semakin tinggi temperaturnya maka semakin banyak volume bio oil yang dihasilkan. Pada penelitian menunjukkan bahwa hasil volume bio oil tertinggi pada temperatur 400°C sebesar 123 ml.
3. Temperatur 350°C pada pirolisis dari ampas kelapa menghasilkan bio oil yang memiliki nilai kalor tertinggi yaitu sebesar 11397,06 kal/g dibandingkan pada temperatur 400°C hanya menghasilkan 9052,25 kal/g, temperatur 250°C menghasilkan 3353,37 kal/g, temperatur 300°C menghasilkan 4454,44 kal/g. Untuk nilai kalor bawah pada temperatur 350°C juga menghasilkan nilai tertinggi yaitu sebesar 8157,06 kal/g.
4. Hasil dari pengujian unjuk kerja kompor bioetanol diperoleh hasil bahwa kompor dengan bahan bakar bio oil yang dihasilkan dari pirolisis ampas kelapa. Efisiensi yang dihasilkan pada 4 sampel yg dilakukan pada pengujian

250°C memiliki persentase tertinggi yaitu 0,929% dibandingkan pada sampel 300°C yaitu 0.087%, 350°C yaitu 0,01%, dan 400°C yaitu 0,0181%. Disini dapat dilihat bahwa semakin kecil LHV sebuah bahan bakar maka semakin tinggi efisiensi thermal yang didapatkan.

B. Saran

Berdasarkan data dan hasil pengujian serta kesimpulan dalam penelitian ini maka saran penulis adalah:

1. Untuk penelitian selanjutnya diperlukan alat pengatur suhu kompor agar konstan disaat melakukan penelitian.
2. Proses pendinginan pada saat pirolisis yang lebih konstan.
3. Tempat pengujian nilai kalor bahan bakar minyak diperbanyak dimedan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. I. Yusrizal, “pengujian pirolisis kayu dengan metode hampa udara untuk memproduksi bahan bakar gas,” *jurnal inotera*, vol. I, no. 1, pp. 57-63, 2016.
- [2] “Karakteristik bio oil hasil pirolisis ampas tebu,” *jurnal kimia terapan indonesia*, vol. 15, no. 2, pp. 47-55, 2013.
- [3] “sumber energi,” wikipedia, 2 desember 2019. [Online]. Available: <http://www.wikipedia.com>. [Diakses 25 februari 2020].
- [4] h. d. sylviani, “analisis biaya penggunaan berbagai energi biomassa untuk ikm,” *penelitian sosial dan ekonomi kehutanan*, vol. 10, no. 1, pp. 48-60, 2013.
- [5] C. M. Sigit, “jurnal sains dan teknologi,” *pengaruh jenis bahan pada proses pirolisis sampah organik menjadi bio-oil sebagai sumber energi terbarukan*, vol. 5, no. 2, pp. 67-76, 2013.
- [6] d. Sulaiman, “journal of food engineering,” *optimization and modeling of extraction of solid coconut waste oil*, vol. 114, pp. 228-234, 2013.
- [7] A. D. R. K. & A. s. saripudin, *praktis belajar fisika untuk SMA/MA kelas X.*, jakarta: pusat perbukuan departemen pendidikan, 2009.
- [8] D. giancoli, *physics: principle with application sixth edition*, USA: pearson education, inc., 2005.
- [9] J. melville, *berkeley colledge of chemistry chemistry 125 physical chemistry laboratory bomb calorimetry and heat of combustion.*, california: the university of california, 2014.
- [10] keenan, *kimia untuk universitas edisi keenam jilid 1*, jakarta: erlangga, 1980.

Sihombing, f., Hutasoit, C., & Padang, T. (2021). Desain dan Pembuatan Papan Tiruan dari Bahan Komposit Laminat Diperkuat Lembaran Batang Pisang. JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING MANUFACTURES MATERIALS AND ENERGY, 5(1), 1-7. doi:<https://doi.org/10.31289/jmemme.v5i1.4094>

Hutasoit, C., Sihombing, F., & Padang, T. (2021). Desain dan Pembuatan Cetakan Papan Tiruan Metode Cetak Tekan. JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING MANUFACTURES MATERIALS AND ENERGY, 5(1), 8-17. doi:<https://doi.org/10.31289/jmemme.v5i1.4148>

Harsito, C., Xaverius, A., Prasetyo, S., Wulansari, P., & Pradana, J. (2021). Conveyor Pengangkut Sampah Otomatis dengan Load Cell dan Flow Sensor. JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING MANUFACTURES MATERIALS AND ENERGY, 5(1), 18-33. doi:<https://doi.org/10.31289/jmemme.v5i1.4177>

Julianto, K., & Hanifi, R. (2021). Perancangan Alat Vacuum Cleaner Menggunakan Energi Udara Bertekanan Jaringan Pipa Distribusi Udara Pabrik. JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING MANUFACTURES MATERIALS AND ENERGY, 5(1), 34-47. doi:<https://doi.org/10.31289/jmemme.v5i1.4160>

Johan, C., & Bethony, F. (2021). Analisis Kekuatan Bending dan Tarik Pada Pengelasan Oxy-Acetylene Menggunakan Garam Kuning. JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING MANUFACTURES MATERIALS AND ENERGY, 5(1), 48-56. doi:<https://doi.org/10.31289/jmemme.v5i1.4796>

Rafi, M., Hanifi, R., & Santoso, D. (2021). RANCANG BANGUN TRASH SKIMMER BOAT SEBAGAI SOLUSI ALTERNATIF PENGAMBILAN SAMPAH DI SUNGAI INDONESIA. JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING MANUFACTURES MATERIALS AND ENERGY, 5(1), 57-68. doi:<https://doi.org/10.31289/jmemme.v5i1.4402>

Samosir, R., Pane, M., & Lumbantoruan, J. (2021). Perancangan Turbin Angin Vertikal Modifikasi Gabungan Savonius dan Darrieus Menggunakan Geometri Naca 0018. JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING MANUFACTURES MATERIALS AND ENERGY, 5(1), 69-77. doi:<https://doi.org/10.31289/jmemme.v5i1.4108>

Iskandar, Y., Nazaruddin, N., & Arif, Z. (2021). PENGARUH JUMLAH SUDU IMPELLER TERHADAP DEBIT AIR YANG DIHASILKAN POMPA CENTRIFUGAL. JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING MANUFACTURES MATERIALS AND ENERGY, 5(1), 78-90. doi:<https://doi.org/10.31289/jmemme.v5i1.4472>

Rahmadianto, F., Pohan, G., & Susanto, E. (2021). Analisis Campuran Lumpur Dan Tetes Tebu Pada Briket Tinja Hewan Dengan Metode Taguchi. JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING MANUFACTURES MATERIALS AND ENERGY, 5(1), 91-95. doi:<https://doi.org/10.31289/jmemme.v5i1.4283>

LAMPIRAN

116 | Thermodynamics

TABLE A-4

Saturated water—Temperature table

Temp., T °C	Sat. press., P _{sat} kPa	Specific volume, m ³ /kg		Internal energy, kJ/kg			Enthalpy, kJ/kg			Entropy, kJ/kg · K		
		Sat. liquid, v _f	Sat. vapor, v _g	Sat. liquid, u _f	Evap., u _{fg}	Sat. vapor, u _g	Sat. liquid, h _f	Evap., h _{fg}	Sat. vapor, h _g	Sat. liquid, s _f	Evap., s _{fg}	Sat. vapor, s _g
0.01	0.6117	0.001000	206.00	0.000	2374.9	2374.9	0.001	2500.9	2500.9	0.0000	9.1556	9.1556
5	0.8726	0.001000	147.03	21.019	2360.8	2381.8	21.020	2489.1	2510.1	0.0763	8.9487	9.0249
10	1.2281	0.001000	106.32	42.020	2346.6	2388.7	42.022	2477.2	2519.2	0.1511	8.7488	8.8999
15	1.7057	0.001001	77.885	62.980	2332.5	2395.5	62.982	2465.4	2528.3	0.2245	8.5559	8.7803
20	2.3392	0.001002	57.762	83.913	2318.4	2402.3	83.915	2453.5	2537.4	0.2965	8.3696	8.6661
25	3.1698	0.001003	43.340	104.83	2304.3	2409.1	104.83	2441.7	2546.5	0.3672	8.1895	8.5567
30	4.2469	0.001004	32.879	125.73	2290.2	2415.9	125.74	2429.8	2555.6	0.4368	8.0152	8.4520
35	5.6291	0.001006	25.205	146.63	2276.0	2422.7	146.64	2417.9	2564.6	0.5051	7.8466	8.3517
40	7.3851	0.001008	19.515	167.53	2261.9	2429.4	167.53	2406.0	2573.5	0.5724	7.6832	8.2556
45	9.5953	0.001010	15.251	188.43	2247.7	2436.1	188.44	2394.0	2582.4	0.6386	7.5247	8.1633
50	12.352	0.001012	12.026	209.33	2233.4	2442.7	209.34	2382.0	2591.3	0.7038	7.3710	8.0748
55	15.763	0.001015	9.5639	230.24	2219.1	2449.3	230.26	2369.8	2600.1	0.7680	7.2218	7.9898
60	19.947	0.001017	7.6670	251.16	2204.7	2455.9	251.18	2357.7	2608.8	0.8313	7.0769	7.9082
65	25.043	0.001020	6.1935	272.09	2190.3	2462.4	272.12	2345.4	2617.5	0.8937	6.9360	7.8296
70	31.202	0.001023	5.0396	293.04	2175.8	2468.9	293.07	2333.0	2626.1	0.9551	6.7989	7.7540
75	38.597	0.001026	4.1291	313.99	2161.3	2475.3	314.03	2320.5	2634.6	1.0158	6.6655	7.6812
80	47.416	0.001029	3.4053	334.97	2146.6	2481.6	335.02	2308.0	2643.0	1.0756	6.5355	7.6111
85	57.868	0.001032	2.8261	355.96	2131.9	2487.8	356.02	2295.3	2651.4	1.1346	6.4089	7.5435
90	70.183	0.001036	2.3593	376.97	2117.0	2494.0	377.04	2282.5	2659.6	1.1929	6.2853	7.4782
95	84.609	0.001040	1.9808	398.00	2102.0	2500.1	398.09	2269.6	2667.6	1.2504	6.1647	7.4151
100	101.42	0.001043	1.6720	419.06	2087.0	2506.0	419.17	2256.4	2675.6	1.3072	6.0470	7.3542
105	120.50	0.001047	1.4186	440.15	2071.8	2511.9	440.28	2243.1	2683.4	1.3634	5.9319	7.2952
110	143.38	0.001052	1.2094	461.27	2056.4	2517.7	461.42	2229.7	2691.1	1.4188	5.8193	7.2382
115	169.18	0.001056	1.0360	482.42	2040.9	2523.3	482.59	2216.0	2698.6	1.4737	5.7092	7.1829
120	198.67	0.001060	0.89133	503.60	2025.3	2528.9	503.81	2202.1	2706.0	1.5279	5.6013	7.1292
125	232.23	0.001065	0.77012	524.83	2009.5	2534.3	525.07	2188.1	2713.1	1.5816	5.4956	7.0771
130	270.28	0.001070	0.66808	546.10	1993.4	2539.5	546.38	2173.7	2720.1	1.6346	5.3919	7.0265
135	313.23	0.001075	0.58179	567.41	1977.3	2544.7	567.75	2159.1	2726.9	1.6872	5.2901	6.9773
140	361.53	0.001080	0.50850	588.77	1960.9	2549.6	589.16	2144.3	2733.5	1.7392	5.1901	6.9294
145	415.68	0.001085	0.44600	610.19	1944.2	2554.4	610.64	2129.2	2739.8	1.7908	5.0919	6.8827
150	476.16	0.001091	0.39248	631.66	1927.4	2559.1	632.18	2113.8	2745.9	1.8418	4.9953	6.8371
155	543.49	0.001096	0.34648	653.19	1910.3	2563.5	653.79	2098.0	2751.8	1.8924	4.9002	6.7927
160	618.23	0.001102	0.30680	674.79	1893.0	2567.8	675.47	2082.0	2757.5	1.9426	4.8066	6.7492
165	700.93	0.001108	0.27244	696.46	1875.4	2571.9	697.24	2065.6	2762.8	1.9923	4.7143	6.7067
170	792.18	0.001114	0.24260	718.20	1857.5	2575.7	719.08	2048.8	2767.9	2.0417	4.6233	6.6650
175	892.60	0.001121	0.21659	740.02	1839.4	2579.4	741.02	2031.7	2772.7	2.0906	4.5335	6.6242
180	1002.8	0.001127	0.19384	761.92	1820.9	2582.8	763.05	2014.2	2777.2	2.1392	4.4448	6.5841
185	1123.5	0.001134	0.17390	783.91	1802.1	2586.0	785.19	1996.2	2781.4	2.1875	4.3572	6.5447
190	1255.2	0.001141	0.15636	806.00	1783.0	2589.0	807.43	1977.9	2785.3	2.2355	4.2705	6.5059
195	1398.8	0.001149	0.14089	828.18	1763.6	2591.7	829.78	1959.0	2788.8	2.2831	4.1847	6.4678
200	1554.9	0.001157	0.12721	850.46	1743.7	2594.2	852.26	1939.8	2792.0	2.3305	4.0997	6.4302

Tabel Thermophysical Properties of Saturated Water

TABLE A.6 Thermophysical Properties of Saturated Water^a

Temperature, <i>T</i> (K)	Pressure, <i>p</i> (bar) ^b	Specifi Volume (m ³ /kg)		Heat of Vapor- ization, <i>h_{fg}</i> (kJ/kg)	Specifi Heat (kJ/kg · K)		Viscosity (N · s/m ²)		Thermal Conductivity (W/m · K)		Prandtl Number		Surface Tension, <i>σ_s</i> · 10 ³ (N/m)	Expansion Coeffi cient, <i>β_l</i> · 10 ⁶ (K ⁻¹)	Temper- ature, <i>T</i> (K)
		<i>v_f</i> · 10 ³	<i>v_g</i>		<i>c_{p,f}</i>	<i>c_{p,g}</i>	<i>μ_f</i> · 10 ⁶	<i>μ_g</i> · 10 ⁶	<i>k_f</i> · 10 ³	<i>k_g</i> · 10 ³	<i>Pr_f</i>	<i>Pr_g</i>			
273.15	0.00611	1.000	206.3	2502	4.217	1.854	1750	8.02	569	18.2	12.99	0.815	75.5	-68.05	273.15
275	0.00697	1.000	181.7	2497	4.211	1.855	1652	8.09	574	18.3	12.22	0.817	75.3	-32.74	275
280	0.00990	1.000	130.4	2485	4.198	1.858	1422	8.29	582	18.6	10.26	0.825	74.8	-46.04	280
285	0.01387	1.000	99.4	2473	4.189	1.861	1225	8.49	590	18.9	8.81	0.833	74.3	114.1	285
290	0.01917	1.001	69.7	2461	4.184	1.864	1080	8.69	598	19.3	7.56	0.841	73.7	174.0	290
295	0.02617	1.002	51.94	2449	4.181	1.868	959	8.89	606	19.5	6.62	0.849	72.7	227.5	295
300	0.03531	1.003	39.13	2438	4.179	1.872	855	9.09	613	19.6	5.83	0.857	71.7	276.1	300
305	0.04712	1.005	29.74	2426	4.178	1.877	769	9.29	621	20.1	5.20	0.865	70.9	320.6	305
310	0.06221	1.007	22.93	2414	4.178	1.882	695	9.49	628	20.4	4.62	0.873	70.0	361.9	310
315	0.08132	1.009	17.82	2402	4.179	1.888	631	9.69	634	20.7	4.16	0.883	69.2	400.4	315
320	0.1053	1.011	13.98	2390	4.180	1.895	577	9.89	640	21.0	3.77	0.894	68.3	436.7	320
325	0.1351	1.013	11.06	2378	4.182	1.903	528	10.09	645	21.3	3.42	0.901	67.5	471.2	325
330	0.1719	1.016	8.82	2366	4.184	1.911	489	10.29	651	21.7	3.15	0.908	66.6	504.0	330
335	0.2167	1.018	7.09	2354	4.186	1.920	453	10.49	656	22.0	2.88	0.916	65.8	535.5	335
340	0.2713	1.021	5.74	2342	4.188	1.930	420	10.69	660	22.3	2.66	0.925	64.9	566.0	340
345	0.3372	1.024	4.683	2329	4.191	1.941	389	10.89	664	22.6	2.45	0.933	64.1	595.4	345
350	0.4163	1.027	3.846	2317	4.195	1.954	365	11.09	668	23.0	2.29	0.942	63.2	624.2	350
355	0.5100	1.030	3.180	2304	4.199	1.968	343	11.29	671	23.3	2.14	0.951	62.3	652.3	355
360	0.6209	1.034	2.645	2291	4.203	1.983	324	11.49	674	23.7	2.02	0.960	61.4	679.9	360
365	0.7514	1.038	2.212	2278	4.209	1.999	306	11.69	677	24.1	1.91	0.969	60.5	707.1	365
370	0.9040	1.041	1.861	2265	4.214	2.017	289	11.89	679	24.5	1.80	0.978	59.5	733.7	370
373.15	1.0133	1.044	1.679	2257	4.217	2.029	279	12.02	680	24.8	1.76	0.984	58.9	750.1	373.15
375	1.0815	1.045	1.574	2252	4.220	2.036	274	12.09	681	24.9	1.70	0.987	58.6	761	375
380	1.2869	1.049	1.337	2239	4.226	2.057	260	12.29	683	25.4	1.61	0.999	57.6	788	380
385	1.5233	1.053	1.142	2225	4.232	2.080	248	12.49	685	25.8	1.53	1.004	56.6	814	385
390	1.794	1.058	0.980	2212	4.239	2.104	237	12.69	686	26.3	1.47	1.013	55.6	841	390
400	2.455	1.067	0.731	2183	4.256	2.158	217	13.05	688	27.2	1.34	1.033	53.6	896	400
410	3.302	1.077	0.553	2153	4.278	2.221	200	13.42	688	28.2	1.24	1.054	51.5	952	410
420	4.370	1.088	0.425	2123	4.302	2.291	185	13.79	688	29.8	1.16	1.075	49.4	1010	420
430	5.699	1.099	0.331	2091	4.331	2.369	173	14.14	685	30.4	1.09	1.10	47.2	430	430

Appendix A • Thermophysical Properties of Matter

A.6.6.3