

**ANALISIS KARAKTERISTIK PEMBAKARAN BRIKET ARANG
LIMBAH KELAPA SAWIT DENGAN VARIASI TEKANAN
PEMBRIKETAN MENGGUNAKAN METODE *THERMOGRAVIMETRI*
ANALYSIS (TGA)
COMBUSTION CHARACTERISTICS ANALYSIS OF PALM WASTE
CHARCOAL BRIQUETTS WITH BRIQUEETING PRESSURE
*VARIATIONS USING THERMOGRAVIMETRI ANALYLYIS METHOD***

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Mencapai Gelar Derajat
Strata-1 Pada Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta**



Disusun oleh :

**ODI VIKHI KUSUMA
20100130003**

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR

ANALISIS KARATERISTIK PEMBAKARAN BRIKET ARANG LIMBAH
KELAPA SAWIT DENGAN VARIASI TEKANAN PEMBRIKETAN
MENGGUNAKAN METODE *THERMOGRAVIMETRY ANALYSIS (TGA)*

Disusun Oleh :
ODI VIKHI KUSUMA
20100130003

Telah Dipertahankan Di Depan Tim Penguji
Pada Tanggal 02 Januari 2015

Susunan Tim Penguji :

Dosen Pembimbing I

Novi Caroko, S.T., M.Eng.
NIP. 197911132005011001

Dosen Pembimbing II

Wahyudi, S.T., M.T.
NIK.19700823199702 123 032

Penguji

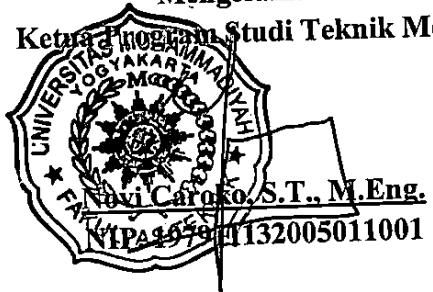
Teddy Nur Cahyadi, S.T.
NIK. 19790106200310 123 053

Tugas Akhir ini telah dinyatakan sah sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Tanggal, 8 Januari 2015

Mengesahkan

Ketua Jurusan Studi Teknik Mesin



PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis disebutkan sumbernya dalam naskah dan dalam

PERSEMBAHAN

Kepada mereka yang telah berjasa, kepada mereka pula aku persembahkan hasil jerih payahku selama menempuh jenjang S-1 ini yaitu sebuah skripsi yang akan menjadi karya terbesarku sehingga aku lulus dari Universitas Muhammadiyah Yogyakarta ini dengan gelar Sarjana Teknik. Mereka adalah:

1. Alhamdulillah, segala puji dan rasa syukur kepada ALLAH SWT atas segala rahmat, nikmat dan kekuatan sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Ayah dan Ibu tercinta, beliau Bapak Gatot Suharto dan Ibu Saminah, sebagai ungkapan rasa syukur dan terima kasih atas kasih sayang, bimbingan, cinta, dan segalanya yang telah diberikan.
3. Adik tersayang, Padma Ovi Kusuma yang selalu mendukung dan mendoakan.
4. Calon Istriku yang tersayang, Yuliani Setiowati. Amd. terima kasih atas kasih sayang, cinta, dorongan semangat, doa dan dukungan yang telah diberikan.
5. Teman-teman Teknik Mesin angkatan 2010 atas motivasi, kekompakan, dan kerjasama yang telah terjalin selama ini.
6. Teman-teman seperjuangan atas dukungan, semangat dan rasa saling ~~berbagi yang dapat membangun dan membentuk karakter yang selalu~~

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayat dan bimbinganNya selama ini sehingga penulisan dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **ANALISIS KARAKTERISTIK PEMBAKARAN BRIKET ARANG LIMBAH KELAPA SAWIT DENGAN VARIASI TEKANAN PEMBRIKETAN MENGGUNAKAN METODE THERMOGRAVIMETRIC ANALYSIS (TGA)** dapat terselesaikan.

Skripsi ini disusun untuk memberikan ide atau gagasan untuk menghasilkan bahan bakar padat alternatif yang ramah lingkungan, murah, dan sekaligus mengurangi masalah dalam hal pemborosan energi fosil dan sebagai salah satu persyaratan untuk dapat lulus sebagai Sarjana Teknik (S-1) di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis telah dibantu oleh banyak pihak, dan sebagai ungkapan rasa terima kasih, penulis ingin memberikan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua kami yang tercinta yang telah membesar, membimbing, mendo'akan dan selalu memberikan kasih sayang yang tiada ternilai harganya.
2. Bapak Novi Caroko, ST., M. Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
3. Bapak Novi Caroko, ST., M. Eng. selaku Dosen Pembimbing I skripsi, atas bimbingan, bantuan, nasehat dan saran-saran yang telah diberikan kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
4. Bapak Wahyudi, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing II skripsi, atas bimbingan, bantuan dan saran-saran yang telah diberikan kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik

5. Dosen-dosen pengampu mata kuliah di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, atas ilmu-ilmu yang telah disalurkan, semoga ilmu yang disalurkan selalu bermanfaat baik di dunia maupun di akhirat kelak.
6. Seluruh Staf Tata Usaha, Perpustakaan, Laboratorium, Keamanan dan petugas-petugas di Jurusan Teknik Mesin dan Industri atas kemudahan yang telah diberikan, sehingga dapat memperlancar segala proses yang telah penulis jalani di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
7. Teman-teman seperjuangan di Lab Konversi Energi, Aditya Kurniawan, Mirangga Husnul Ariyadi dan Edy Wahyu utomo.
8. Calon Istriku yang tersayang, Yuliani Setiowati. Amd.keb. terima kasih atas kasih sayang, cinta, dorongan semangat, doa dan dukungan yang telah diberikan.
9. Teman-teman mahasiswa angkatan 2010 Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
10. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah membantu dalam proses penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari adanya kekurangan dalam penyusunan Tugas Akhir ini sehingga saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan demi kesempurnaannya di masa mendatang. Akhirnya semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan menambah pustaka pengetahuan keteknikan pada khususnya.

Penulis Akhirnya dengan segala keterbatasan yang ada. penulis berharap

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN HASIL UJIAN PENDADARAN.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
INTISARI.....	xiv
ABSTRAK.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Batasan Masalah	4
1.4. Tujuan Penelitian	5
1.5. Manfaat	5
1.6. Metode Penyusunan Tugas Akhir	5
1.7. Sistematika Penulisan Tugas Akhir	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	7
2.1. Tinjauan Pustaka	7
2.2. Dasar Teori.....	8
2.2.1. Biomassa.....	8
2.2.2. Limbah Kelapa Sawit.....	9
2.2.3. Pemanfaatan Energi Biomassa.....	10
2.2.4. Pirolisis.....	10
2.2.5. Balai Penelitian dan Pengembangan.....	12

2.2.6. Pembriketan Arang	13
2.2.7. Pembakaran.....	14
2.2.8. Tujuan Pembakaran.....	14
2.2.9. Pembakaran Bahan Bakar Padat.....	15
2.2.10. Faktor – faktor yang Mempengaruhi Pembakaran Bahan Bakar padat.....	23
2.2.11. <i>Thermogravimetri Analysis (TGA)</i>	24
2.2.12 Energi Aktivasi.....	27
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	31
3.1. Bahan Penelitian	31
3.2. Peralatan Penelitian.....	32
3.2.1. Alat Pirolisis (Pengarangan).....	32
3.2.2. Alat Uji Pembakaran.....	35
3.2.3. Peralatan Pendukung.....	39
3.3. Prosedur Penelitian.....	41
3.3.1. Persiapan bahan.....	42
3.3.2. Pirolisis.....	42
3.3.3. Pembriketan Arang.....	43
3.3.4. Uji Pembakaran briket.....	44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	45
4.1. Karakteristik Pembakaran Bahan Bakar Padat.....	45
4.1.1. Kadar Air.....	47
4.1.2. Kadar Zat Mudah menguap (<i>Volatile Matter</i>).....	49
4.1.3. Kadar Karbon Terikat (<i>Fixed Carbon</i>).....	51
4.1.4. Kadar Abu (<i>ash</i>).....	53
4.2. Pengaruh tekanan terhadap lamanya waktu pembakaran.....	55
4.3. Pengaruh variasi tekanan terhadap besarnya nilai ITVM.....	57
4.4. Pengaruh variasi tekanan terhadap besarnya nilai ITFC.....	60
4.5. Pengaruh variasi tekanan terhadap besarnya nilai PT.....	63
4.6. Pengaruh variasi tekanan terhadap besarnya nilai BT	65

4.7. Pengaruh variasi tekanan terhadap besarnya nilai energi aktivasi (Ea).....	67
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	70
5.1. Kesimpulan.....	70
5.2. Saran.....	71
DAFTAR PUSTAKA.....	72
IMMIDAN	73

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Harga $k_{0,pyr}$ dan E_{pyr} untuk beberapa bahan.....	19
Tabel 2.2.	Konstanta laju oksidasi char batubara.....	22
Tabel 2.3.	Ignition delay dan waktu burnout untuk beberapa ukuran Partikel.....	22
Tabel 4.1.	Persentase Kadar Air pada briket arang limbah Kelapa Sawit dengan variasi tekanan pembriketan.....	47
Tabel 4.2.	Persentase Kadar Zat mudah Menguap pada briket arang Limbah Kelapa Sawit dengan variasi tekanan pembriketan	49
Tabel 4.3.	Persentase <i>Fixed Carbon</i> pada briket arang limbah kelapa Sawit dengan variasi tekanan pembriketan.....	51
Tabel 4.4.	Persentase Kadar Abu pada briket arang limbah Kelapa Sawit dengan variasi tekanan pembriketan.....	53
Tabel 4.5.	Waktu pembakaran briket arang limbah industri Kelapa Sawit dengan variasi tekanan pembriketan.....	55
Tabel 4.6.	Nilai ITVM briket arang limbah Kelapa Sawit dengan Variasi tekanan pembriketan.....	57
Tabel 4.7.	Nilai ITFC briket arang limbah Kelapa Sawit dengan Variasi tekanan pembriketan.....	60
Tabel 4.8.	Nilai PT briket arang limbah Kelapa Sawit dengan variasi Tekanan pembriketan.....	63
Tabel 4.9.	Nilai BT briket arang limbah Kelapa sawit dengan variasi Tekanan pembriketan.....	65
Tabel 4.10	Nilai Energi aktivasi briket arang limbah Kelapa Sawit Dengan variasi tekanan pembriketan	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Perbedaan produk yang dihasilkan dari pirolisi, Gasifikasi, dan insinerasi.....	11
Gambar 2.2. Pembakaran yang sempurna, yang baik dan tidak Sempurna (<i>Bureau of Energy Efficiency</i> , 2004)	15
Gambar 2.3. Grafik profil pembakaran untuk batubara <i>bituminous</i> (gruescu et al, 2000).....	16
Gambar 2.4. Penampang melintang bahan bakar bentuk batang (Borman dan Ragland, 1998).....	18
Gambar 2.5. Skema <i>thermobalance</i>	24
Gambar 2.6. Profil grafik pembakaran : (a) grafik penurunan massa, (b) grafik laju penurunan massa, (c) grafik temperatur (Khawam dan Flanagan, 2006).....	24
Gambar 2.8. (a) grafik TGA dan (b) keambiguan dalam menentukan T_{onset} (Practice Guide Section TGA).....	25
Gambar 2.9. Keambiguan dalam TGA (a) grafik yang berbalik pada Absis (b) kenaikan secara tajam akibat pembakaran (Practice Guide Section TGA).....	26
Gambar 2.10. Hasil prediksi dan eksperimen dari (a) serbuk gergaji, (b) sekam padi, dan (c) serbuk bambu (Kalita et al, 2009)	29
Gambar 3.1. Limbah Industri Minyak Kelapa Sawit.....	31
Gambar 3.2. Tungku Pirolisis.....	32
Gambar 3.3. Tingkatnya dan wadah sampah	33

Gambar 3.4. Tabung Destilasi.....	33
Gambar 3.5. Pompa Air.....	34
Gambar 3.6. Bak Pendingin.....	34
Gambar 3.7. Wadah Tar.....	35
Gambar 3.8. Tungku <i>pyrolyser</i>	35
Gambar 3.9. (a) Keramik Isolator. (b) <i>Furnace</i>	36
Gambar 3.10 <i>Thermocontroler</i>	36
Gambar 3.11. Rangka.....	37
Gambar 3.12. Wadah Sampel.....	37
Gambar 3.13. Timbangan Digital.....	38
Gambar 3.14. Modul Data Logger.....	38
Gambar 3.15. Alat Penumbuk.....	39
Gambar 3.16. Saringan.....	39
Gambar 3.17. Pengepres Briket.....	40
Gambar 3.18. Oven.....	40
Gambar 3.19. Diagram Alir.....	42
Gambar 3.20. Skema instalasi peralatan pirolisis.....	43
Gambar 3.21. Skema instalasi peralatan uji pembakaran.....	44
Gambar 4.1. Tahapan proses pembakaran bahan bakar padat.....	45
Gambar 4.2. Grafik persentase kadar air pada briket arang limbah Kelapa Sawit dengan variasi tekanan pembriketan.....	47
Gambar 4.3. Grafik persentase <i>volatile matter</i> pada briket arang limbah Kelapa Sawit dengan variasi tekanan pembriketan.....	49
Gambar 4.4. Grafik persentase <i>fixed carbon</i> pada briket arang limbah	

Gambar 4.5.	Grafik persentase kadar abu pada briket arang limbah Kelapa Sawit dengan variasi tekanan pembriketan.....	53
Gambar 4.6.	Grafik waktu pembakaran pada briket arang limbah Industri Kelapa Sawit dengan variasi tekanan pembriketan	55
Gambar 4.7.	Grafik nilai ITVM pada briket arang limbah industri Kelapa Sawit dengan variasi tekanan pembriketan.....	57
Gambar 4.8.	Grafik temperatur ITVM pada briket arang limbah industri Kelapa Sawit dengan variasi tekanan pembriketan.....	58
Gambar 4.9.	Grafik nilai ITFC pada briket arang limbah industri Kelapa Sawit dengan variasi tekanan pembriketan.....	60
Gambar 4.10.	Grafik temperatur ITFC pada briket arang limbah industri Kelapa Sawit dengan variasi tekanan pembriketan.....	61
Gambar 4.11.	Grafik temperatur PT pada briket arang limbah industri Kelapa Sawit dengan variasi tekanan pembriketan.....	63
Gambar 4.12.	Grafik temperatur BT pada briket arang limbah industri Kelapa Sawit dengan variasi tekanan pembriketan.....	65
Gambar 4.13.	Grafik nilai energi aktivasi pada briket arang limbah Industri Kelapa Sawit dengan variasi tekanan pembriketan	67
Gambar 4.14.	Grafik temperatur energi aktivasi pada briket arang limbah Industri Kelapa Sawit dengan variasi tekanan pembriketan	67

INTI SARI

Tingkat pemakaian bahan bakar terutama bahan bakar fosil di dunia semakin meningkat seiring dengan semakin bertambahnya populasi manusia dan meningkatnya laju industri di berbagai negara di dunia. Hal tersebut menimbulkan kekhawatiran akan terjadinya krisis bahan bakar. Di samping itu kesadaran manusia akan lingkungan semakin tinggi sehingga muncul kekhawatiran meningkatnya laju pencemaran lingkungan terutama polusi udara yang diakibatkan oleh pembakaran bahan bakar tersebut, sehingga muncul sebuah pemikiran penggunaan energi alternatif yang bersih. Beberapa jenis sumber energi alternatif yang bisa dikembangkan antara lain : energi matahari, energi angin, energi panas bumi, energi panas laut (OTEC) dan energi biomassa.

Diantara sumber-sumber energi alternatif tersebut, energi biomasssa merupakan sumber energi alternatif yang perlu mendapat prioritas dalam pengembangannya dibandingkan dengan sumber energi yang lain. Penelitian ini menggunakan limbah industri Kelapa Sawit berupa cangkang, serat dan tandan kosong sebagai bahan baku. Limbah tersebut dilakukan pirolisis untuk mendapatkan arang/*char*. Setelah itu arang dihancurkan terlebih dahulu hingga lolos ukuran 20 mesh. Lalu dicampur dengan perekat (kanji) dengan persentase perekat 10%. Pembuatan briket dengan menggunakan variasi tekanan pembriketan 200 kg/cm², 250 kg/cm², dan 300 kg/cm².

Pengujian karakteristik pembakaran menggunakan metode *termogravimetri analysys* (TGA). Parameter yang digunakan dalam karakteristik pembakaran meliputi harga Ea, ITVM (*Initiation Temperature of Volatile Matter*), ITFC (*Initiation Temperature of Fixed Carbon*), PT (*Peak of weight loss Temperature*) dan BT (*Burning out Temperature*). Dari pengujian ini diketahui semakin tinggi variasi tekanan pembriketan memiliki kandungan air terendah, kadar karbon terikat paling rendah dan kadar volatile matter paling tinggi, sehingga mengakibatkan nilai ITVM yang semakin tinggi, ITFC semakin tinggi, PT semakin rendah, BT semakin rendah dan nilai energi aktivasi yang semakin tinggi.

Kata kunci : Variasi Tekanan Pembriketan, Briket, BT (*Burning out Temperature*), Energi aktivasi, ITFC, ITVM, Limbah padat Kelapa Sawit, PT, *Thermogravimetri Analysis*.