

SKRIPSI

**UJI KINERJA *GASIFIER* TIPE *DOWN-DRAFT*
BERBAHAN BAKAR BIOMASSA PERTANIAN
DENGAN VARIASI KECEPATAN UDARA**

***THE PERFORMANCE TEST OF DOWN-DRAFT
GASIFIER USING A BIOMASS AS A FUEL WITH AIR
VELOCITY VARIATION***



**Andri Setiawan
05111002016**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2017**

SUMMARY

ANDRI SETIAWAN. The Performance Test Of Down-Draft Gasifier Using A Biomass As A Fuel With Air Velocity Variation (Supervised by **DANIEL SAPUTRA, HAISEN HOWER** and **DIDIN SUWARDIN**).

The objective of the research was to determine the effect of air velocity to the combustion process rate of down-draft gasifier. The research was conducted at the Workshop and Laboratory Technology Officer, Rubber Research Institute Sembawa, Banyuasin, from April 2016 until Juli 2016. This study used a Randomized Block Design Factorial with two treatment factors. They were the type of fuel and air velocity. Each treatment consisted of three levels of fuel and three levels of air velocity with three replications. The data obtained were analyzed by using variance analyzed (ANOVA). The data followed by a significant effect, continues with the test of Honestly Significant Difference (HSD) at 5% level.

The result showed that the type of fuel and air velocity to the combustion process rate of down-draft gasifier significantly affect the value of operating time of combustion with highest operating time of combustion in treatment A_2 with a value 1,35 hours and B_1 with a value 1,03 hours. The highest ash content in treatment A_2 with a value 12,25% and B_1 with a value 5,89%. The highest Fuel consumption rate in treatment A_3 with a value 2,48 kg/m² and B_3 with a value 2,24 kg/m². The highest specific rate of gasification in treatment A_3 with value 65,53 kg/m².hours and B_3 with a value 59,32 kg/m².hours. The highest of heat efficiency in treatment A_1 with a value 9,54 m/s and B_2 with a value 6,04 m/s.

RINGKASAN

ANDRI SETIAWAN. Uji Kinerja *Gasifier* tipe *Down-draft* Berbahan Bakar Biomassa Pertanian dengan Variasi Kecepatan Udara (Dibimbing oleh **DANIEL SAPUTRA, HAISEN HOWER** dan **DIDIN SUWARDIN**).

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh kecepatan udara pada gasifier tipe down-draft terhadap laju proses pembakaran. Penelitian ini dilaksanakan di Bengkel dan Laboratorium bagian Teknologi, Balai Penelitian Karet Sembawa, Banyuasin mulai April 2016 sampai dengan Juli 2016. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) Faktorial dengan dua faktor perlakuan yaitu jenis bahan bakar dan kecepatan udara. Masing-masing perlakuan terdiri dari tiga taraf jenis bahan bakar dan tiga taraf kecepatan udara dengan tiga kali ulangan. Data yang diperoleh dilakukan analisis keragaman (Anova). Data yang berpengaruh nyata dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf 5%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis biomassa dan kecepatan udara memberikan pengaruh nyata terhadap waktu operasi pembakaran dengan rata-rata waktu operasi pembakaran tertinggi terdapat pada perlakuan A₂ dengan nilai 1,35 jam dan B₁ dengan nilai 1,03 jam. Sedangkan presentase abu yang dihasilkan tertinggi terdapat pada perlakuan A₂ dengan nilai 12,25% dan B₁ dengan nilai 5,89%. Rata-rata laju konsumsi bahan bakar tertinggi pada perlakuan A₃ dengan nilai 2,48 kg/m² dan B₃ dengan nilai 2,24 kg/m². Sedangkan laju gasifikasi spesifik tertinggi pada perlakuan A₃ dengan nilai 65,53 kg/m².jam dan B₃ dengan nilai 59,32 kg/m².jam. Rata-rata laju efisiensi pembakaran tertinggi pada perlakuan A₁ dengan nilai 9,54 m/s dan B₂ dengan nilai 6,04 m/s.

SKRIPSI

UJI KINERJA *GASIFIER* TIPE *DOWN-DRAFT* BERBAHAN BAKAR BIOMASSA PERTANIAN DENGAN VARIASI KECEPATAN UDARA

THE PERFORMANCE TEST OF DOWN-DRAFT GASIFIER USING A BIOMASS AS A FUEL WITH AIR VELOCITY VARIATION

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknologi Pertanian



Andri Setiawan
05111002016

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2017**

LEMBAR PENGESAHAN

UJI KINERJA *GASIFIER* TIPE *DOWN-DRAFT*
BERBAHAN BAKAR BIOMASSA PERTANIAN
DENGAN VARIASI KECEPATAN UDARA

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Teknologi Pertanian

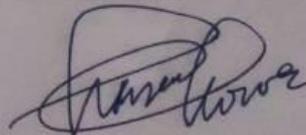
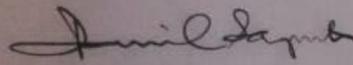
Oleh :

ANDRI SETIAWAN
05111002016

Indralaya, April 2017

Pembimbing I,

Pembimbing II,



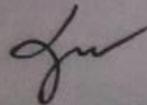
Prof. Dr. Ir. Daniel Saputra M.S.A., Eng
NIP. 195808091985031003

Ir. Haisen Hower, M.P.
NIP. 196612091994031003

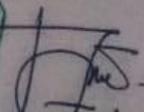
Pembimbing III,

Mengetahui

Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Didin Suwardin, M.Si.
NIK. 3031960840102



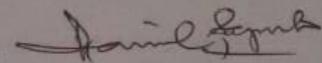
Prof. Dr. Ir. Andy Mulvana, M.Sc
NIP. 196012021986031003

Skripsi dengan judul "Uji Kinerja *Gasifier* tipe *Down-draft* Berbahan Bakar Biomassa Pertanian dengan Variasi Kecepatan Udara" oleh Andri Setiawan telah dipertahankan di hadapan Komisi Penguji Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya pada tanggal 14 Maret 2017 dan telah diperbaiki sesuai saran dan masukan dari tim penguji.

Komisi Penguji

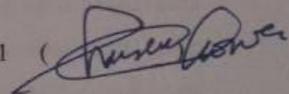
1. Prof.Dr.Ir. Daniel Saputra, M.S.A.Eng
NIP. 19580809 198503 1 003

Ketua



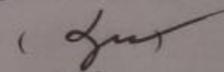
2. Ir. Haisen Hower, M.P
NIP. 19661209 199403 1 003

Sekretaris I



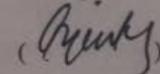
3. Dr.Ir. Didin Suwardin, M.Si
NIK. 3031960840102

Sekretaris II



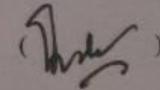
4. Prof. Dr. Ir. Tamrin Latief
NIP. 19630918 199003 1 004

Anggota



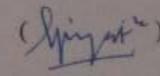
5. Ir. Endo Argo Kuncoro, M.Agr.
NIP. 19610705 198903 1 006

Anggota



6. Dr. Ir. Gatot Priyanto, M.P
NIP. 19600529 198403 1 004

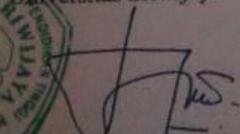
Anggota



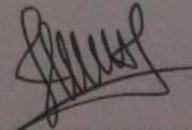
Indralaya, 6 April 2017

Mengetahui,
Dekan Fakultas Pertanian
Universitas Sriwijaya




Prof. Dr. Ir. Andy Mulyana, M.Sc
NIP. 196012021986031003

Ketua Program Studi
Teknik Pertanian



Hilda Agustina, S.TP., M.Si.
NIP. 197708232002122001

PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Andri Setiawan

NIM : 05111002016

Judul : Uji Kinerja Gasifier tipe Down-draft Berbahan Bakar Biomassa
Pertanian dengan Varisai Kecepatan Udara

Menyatakan bahwa semua data dan informasi yang dimuat di dalam skripsi ini, kecuali yang disebutkan dengan jelas sumbernya adalah hasil pengamatan saya sendiri dan belum pernah atau tidak sedang diajukan sebagai syarat gelar kesarjanaan yang sama ditempat lain. Apabila dikemudian hari ditemukan adanya unsur plagiasi dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari universitas sriwijaya.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak mendapat paksaan dari pihak manapun.



Inderalaya, April 2017

Yang membuat pernyataan,



(Andri Setiawan)

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Dharma Sakti Kabupaten Musi Rawas pada tanggal 1 Mei 1994. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara dari orang tua yang bernama Mugino dan Juminem.

Pendidikan sekolah dasar diselesaikan pada tahun 2005 di SD Negeri No.2AB/S Perigi Dharma Sakti Kabupaten Musi Rawas. Sekolah menengah pertama pada tahun 2008 di MTs Hidayatus Sebyan Dharma Sakti, Kabupaten Musi Rawas, dan sekolah menengah atas pada tahun 2011 di SMA Negeri Simpang Semambang Kabupaten Musi Rawas.

Sejak bulan September 2011 tercatat sebagai mahasiswa Fakultas Pertanian Program Studi Teknik Pertanian melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) tertulis.

Penulis juga terlibat aktif dalam Organisasi di lingkungan kampus dan di luar kampus. Organisasi yang pernah diikuti oleh penulis di kampus yaitu BWPI (Badan Wakaf Pengkajian Islam) dan HIMATETA, sedangkan yang diluar kampus yaitu IKAMURA (Ikatan Keluarga Mahasiswa Musi Rawas). Adapun pengalaman penulis dalam pengabdian di masyarakat yaitu melalui program KKN tematik yang diselenggarakan oleh Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya di Desa Suka Mulya Kecamatan Indralaya Utara dengan tema “Irigasi Tetes pada Tanaman Selada Hijau”

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis haturkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan kenikmatan yang melimpah serta berkat rahmat dan karuniaNya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Uji Kinerja Gasifier Tipe Down-draft Berbahan Bakar Biomassa Pertanian dengan Variasi Kecepatan Udara”**. Shalawat dan serta salam penulis panjatkan kepada Nabi besar Muhammad SAW, keluarga, sahabat beserta umat yang tetap istiqomah dijalanNya.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini, terutama kepada :

1. Kedua Orang Tua saya Paldi dan Juminem yang sangat saya hormati dan saya cintai, adik saya Annisa dan kakak saya Emi Nopita Sari, Amd.Keb yang selalu memberikan semangat untuk saya.
2. Dekan Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya.
3. Ketua dan Sekretaris Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya.
4. Yth. Bapak Prof.Dr.Ir. Daniel Saputra, M.S.A.Eng selaku dosen pembimbing akademik dan selaku dosen pembahas dan penguji skripsi atas waktu, arahan, nasehat, kesabaran, semangat, dan membimbing penulis dari awal kuliah hingga selesai.
5. Yth. Bapak Prof.Dr.Ir. Daniel Saputra, M.S.A.Eng selaku pembimbing pertama skripsi dan Bapak Ir. Haisen Hower, M.P selaku pembimbing kedua dan Bapak Dr.Ir. Didin Suwardin, M.S.i selaku pembimbing ketiga skripsi atas waktu, arahan, nasihat, kesabaran, semangat, dan bimbingan kepada penulis dari awal perencanaan hingga laporan penelitian ini selesai.
6. Yth. Bapak Prof.Dr.Ir. Tamrin Latief dan Bapak Ir. Endo Argo Kuncoro, M.Agr dan Bapak Dr. Ir. Gatot Priyanto, M.S selaku dosen pembahas dan penguji, yang telah memberikan masukan dan bimbingan kepada penulis untuk kesempurnaan penulisan skripsi hingga selesai.

7. Bapak dan Ibu dosen pendidik di Jurusan Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya telah mengajarkan dan memberikan segala ilmu, wawasan dan pendidikan selama masa perkuliahan.
8. Staf administrasi akademik Jurusan Teknologi Pertanian, Kak Jhon, Kak Ojik dan atas segala bantuan yang telah diberikan.
9. Rekan bimbingan akademik saya Jessica Novia Sari dan Aprilyansi Robi Saputra yang telah bekerja sama selama bimbingan.
10. Sahabatku Budi, Husni, Rika, Rahmat, Dedi, Andika, Adhi, Guntur, Tria, Ginanjar dan semua teman yang membantu secara moril dan semangat untuk menyelesaikan skripsi.
11. Teman – teman Bagus, Robi, Bayu, Fathul, Wahyu, Wida, Inka, Ana, Rizki, Detty, Dewi, dan teman 2011 lainnya.
12. Pegawai Balai Penelitian Karet Sembawa Kak Rhial, Mas Sahid, Pak Yono dan Pak Harun yang telah meluangkan waktu dan tenaganya untuk membantu dalam proses penelitian.
13. Keluarga Mahasiswa Teknologi Pertanian angkatan 2010,2012,2013,2014, dan 2015.
14. Seluruh pihak yang tidak dapat saya tuliskan satu persatu yang telah memberikan segala curahan semangat dan bantuannya.

Akhirnya, penulis berharap semoga skripsi ini bisa bermanfaat dengan sebaik-baiknya dan dapat berguna sebagai pengalaman serta ilmu yang dapat digunakan sesuai dengan fungsinya.

Indralaya, April 2017

Penulis

Universitas Sriwijaya

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan	3
1.3. Hipotesis	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Energi dan Bahan Bakar	4
2.2. Limbah Biomassa Pertanian	5
2.3. Prinsip Dasar Gasifikasi Biomassa	10
2.4. Jenis Reaktor Gasifikasi Biomassa	13
2.5. <i>Down-draft Gasifier</i>	14
2.6. Tar	15
2.7. Kompor Biomassa	15
2.8. Kompresor	17
BAB 3 PELAKSANAAN PENELITIAN	18
3.1. Tempat dan Waktu	18
3.2. Bahan dan Alat	18
3.3. Metode Penelitian	18
3.4. Cara Kerja	18
3.5. Parameter yang Diamati	20
3.6. Pengolahan Data	20
3.7. Analisis Teknik	20
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1. Waktu Operasi Pembakaran	23
4.2. Laju Konsumsi Bahan Bakar	25

4.3.	Laju Gasifikasi Spesifik	28
4.4.	Efisiensi Pembakaran	30
4.5.	Presentasi Abu yang Dihasilkan	34
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	37
5.1.	Kesimpulan	37
5.2.	Saran	37
	DAFTAR PUSTAKA	38
	LAMPIRAN	41

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Reaksi gasifikasi pada <i>gasifier</i> tipe <i>down-draft</i>	11
Gambar 4.2. Rata-rata waktu operasi pembakaran	23
Gambar 4.3. Rata-rata laju konsumsi bahan bakar	26
Gambar 4.4. Rata-rata laju gasifikasi spesifik	28
Gambar 4.5. Rata-rata efisiensi pembakaran	31
Gambar 4.6. Rata-rata presentase abu yang dihasilkan	34

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Potensi biomassa di Indonesia	6
Tabel 2.2. Data Pengujian spesimen kayu karet berdasarkan analisis proximate dan ultimate	7
Tabel 2.3. Hasil analisis ultimate dan proximate cangkang kelapa sawit	8
Tabel 2.4. Hasil Pengujian ultimate, proximate dan <i>Lower Heat Value</i> (LHV) Tempurung kelapa	9
Tabel 4.1. Uji lanjut BNJ pengaruh jenis biomassa terhadap waktu operasi pembakaran	24
Tabel 4.2. Uji lanjut BNJ pengaruh kecepatan udara terhadap waktu operasi pembakaran	24
Tabel 4.3. Uji lanjut BNJ pengaruh jenis biomassa terhadap laju konsumsi bahan bakar	27
Tabel 4.4. Uji lanjut BNJ pengaruh kecepatan udara terhadap laju konsumsi bahan bakar	27
Tabel 4.5. Uji lanjut BNJ pengaruh jenis biomassa terhadap laju gasifikasi spesifik	29
Tabel 4.6. Uji lanjut BNJ pengaruh kecepatan udara terhadap laju gasifikasi spesifik	30
Tabel 4.7. Uji lanjut BNJ pengaruh jenis biomassa terhadap efisiensi Pembakaran	32
Tabel 4.8. Uji lanjut BNJ pengaruh jenis kecepatan udara terhadap efisiensi pembakaran	32
Tabel 4.9. Uji lanjut BNJ pengaruh jenis biomassa terhadap presentase abu yang dihasilkan	35
Tabel 4.10. Uji lanjut BNJ pengaruh jenis kecepatan udara terhadap presentase abu yang dihasilkan	35

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Diagram Alir Penelitian	42
Lampiran 2. Penentuan kadar air biomassa	44
Lampiran 3. Perhitungan nilai kalor biomassa	45
Lampiran 4. Teladan perhitungan parameter penelitian	46
Lampiran 5. Tabel dan perhitungan uji lanjut BNJ tiap parameter	51
Lampiran 6. Gambar autocad bagian <i>gasifier</i> tipe <i>down-draft</i>	64
Lampiran 7. Foto dokumentasi	67

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Energi merupakan kebutuhan yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan manusia sekarang. Penggunaan energi akan terus meningkat seiring semakin banyaknya populasi penduduk dunia, meningkatnya teknologi transportasi dan munculnya industri baru (Yunizurwan, 2007). Pemenuhan terhadap energi sebagian besar berasal dari energi fosil, seperti gas bumi, batubara dan minyak. Akibatnya, terjadi kelangkaan sumber energi tersebut bahkan, jika ada sumbernya harus dibayar mahal dengan mengorbankan kepentingan fungsi dan pelayanan lingkungan dengan biaya operasional dan investasi peralatan yang sangat mahal. Fungsi lingkungan yang harus dikorbankan jika mengeksplorasi sumber minyak dan gas adalah kehilangan fungsi hutan, pencemaran sungai dan laut, terganggunya mata rantai kehidupan dan sebagainya (Nur dan Jusuf, 2014).

Bahan bakar konvensional seperti gas dan minyak tanah yang terus meningkat harganya akan menyebabkan penduduk mengalami kesulitan untuk memenuhi kebutuhan energi keluarga mereka sehari-hari karena keterbatasan ekonomi. Beberapa penduduk bahkan telah banyak yang beralih ke kayu bakar untuk keperluan energi, sehingga hal ini dapat membahayakan usaha pemerintah untuk memelihara kelestarian hutan dan program penghijauan (Febrianto, 1999).

Limbah biomassa pertanian belum dimanfaatkan atau bahkan hanya dibuang dan dibakar sehingga dapat menyebabkan masalah pencemaran lingkungan (Hambali *et al.*, 2007). Pemanfaatan limbah biomassa sebagai sumber bahan bakar disebabkan karena kandungan energi yang terdapat pada limbah tersebut cukup signifikan. Cangkang sawit, tempurung kelapa dan kayu karet tidak mempunyai nilai ekonomis tinggi, tapi mempunyai nilai kalor yang cukup tinggi. Namun jika diabaikan dan dibiarkan berserakan akan membuat lingkungan menjadi rusak dan jika dibakar dalam *incenerator* akan menyebabkan pencemaran udara.

Energi yang terdapat pada limbah biomassa tersebut dapat dikonversikan atau dimanfaatkan dalam bentuk *gasifier* berbahan bakar limbah biomassa.

Gasifier yang berbahan biomassa lebih sedikit menggunakan biaya dibandingkan kompor gas dan hasil panas yang dihasilkan tidak jauh beda dari kompor gas.

Gasifier merupakan alat atau instrumen yang dapat mengkonversi berbagai bahan padat maupun cair seperti misalnya biomassa menjadi bahan bakar gas. *Gasifier* merupakan reaktor kimia yang didalamnya dapat terjadi proses kimia dan fisika yang kompleks, seperti pengeringan, pemanasan, pirolisis, oksidasi parsial, dan reduksi. Melalui gasifikasi, bahan padat karbonat ($\text{CH}_{1,4}\text{O}_{0,6}$) dipecah menjadi bahan-bahan dasar seperti CO dan CH_4 . Gas-gas yang dihasilkan selanjutnya dapat digunakan secara langsung untuk proses pembakaran maupun disimpan dalam tabung gas.

Berdasarkan arah alirannya gasifikasi dibedakan menjadi gasifikasi *downdraft*, *updraft* dan *crossdraft*. Gasifikasi tipe *downdraft* adalah gasifikasi yang memiliki arah padatan dan aliran udara yang sama yaitu ke bawah menuju zona gasifikasi yang panas, hal ini memungkinkan tar yang terdapat pada asap terbakar sehingga gas yang dihasilkan lebih bersih.

Gasifikasi *Down-draft* merupakan salah satu solusi untuk menjaga kelestarian alam dan ketersediaan sumber energi alam yang sulit diperbarui (bahan bakar fosil). Alat ini sangat cocok dengan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional yang intinya adalah mencari sumber energi terbarukan sebagai sumber energi alternatif baru di Indonesia yang murah, aman, dan ramah lingkungan. Pengembangan gasifikasi di Indonesia akan memberikan keuntungan ganda dalam penerapannya yaitu disamping sebagai alternatif sumber energi, gasifikasi *down-draft* juga dapat mengurangi limbah lingkungan yang berlimpah di Indonesia, dan juga dapat membantu pemerintah dalam menyediakan sumber energi listrik dari daerah-daerah terpencil yang tidak terjangkau PLN karena sistem instalasinya yang murah dan mudah. Sumber energi pada alat ini berasal dari limbah lingkungan (kayu/ranting pohon), industri (ampas gergaji), dan pertanian (cangkang kelapa sawit, cangkang kelapa) yang cukup mudah ditemukan di Indonesia (Kurniawan, 2012).

Murjitno (2009), membuat alat penangkap gas metana pada sampah menjadi biogas yang terbuat dari plastik *polyethylene*. Proses pembakaran akan mendekati

sempurna apabila diperhatikan rasio antara jumlah bahan bakar dan oksigen (yang diwakili oleh laju aliran udara) yang tepat. Hal lain yang perlu diperhatikan pada proses pembakaran adalah efisiensi pembakaran kompor yaitu seberapa lama waktu pembakaran yang dihasilkan kompor dan kemudahan operasi serta pemeliharaan kompor (Armando dan Suryo, 2005). Kecepatan udara yang dihasilkan kompressor sangat berpengaruh pada api yang dihasilkan pada penggunaan kompor biomassa. Temperatur pembakaran yang dihasilkan oleh tungku sangat dipengaruhi oleh tinggi rendahnya kecepatan udara yang dihasilkan oleh kipas tungku (Subroto dan Prastyo, 2013). Uji teknik perlu dilakukan pada kompor untuk mengetahui proses pembakaran yang terjadi dan efisiensi yang dihasilkan dalam proses perhitungan.

Berdasarkan uraian sebelumnya diatas maka perlu dilakukan penelitian tentang Uji kinerja *gasifier* tipe *down-draft* berbahan bakar biomassa pertanian dengan variasi kecepatan udara.

1.2. Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh jenis biomassa dan variasi kecepatan udara pada *gasifier* tipe *down-draft* terhadap proses pembakaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, S. 2000. "Penelitian Berbagai Jenis Kayu Limbah Pengolahan Untuk Pemilihan Bahan Baku Briket Arang". *J. Sains dan Teknologi Indonesia*. 2(1): 41-46.
- Armando, R, dan Suryo, W.P.2005. *Membuat Kompor tanpa BBM*. Penebar Swadaya.Jakarta.
- Balai Besar Pengembangan Mekanisme Pertanian. 2008. *Workshop Pengembangan dan Pemanfaatan Energi Biomassa*. Balai Penelitian dan Pengembangan Jakarta.
- Baldwin, S.F., Princeton, N.J., 1987. *Biomass Stoves-Engineering design, development, and dissemination*. VITA. *Biomassa and Energy*, 25:309-318.
- Belonio. 2005, *Rice husk Gas Stove Hand Book*, Department of Agricultural Engineering and Environmental Management College of Agriculture Central Philippine University Iloilo City, Philippines.
- Budiono. 2003, "Tantangan dan Peluang Usaha Pengembangan Energi Terbarukan di Indonesia, Konvensi Kelistrikan Indonesia 2003. Jakarta.
- Dewi, R.G. dan U. Siagian, 1992. *The Potential Of Biomass Redidues As Energy Sources In Indonesia*. *Energy Publ. Series No. 2*. CRE-ITB, Bandung.
- Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral.2007. *Blueprint Program Pengalihan Minyak Tanah ke Gas LPG (Dalam Rangka Pengurangan Subsidi BBM) 2007-2012*. Jakarta.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2009.*Statistik Perkebunan Direktorat Jendral Perkebunan, 2008-2010: Kelapa Sawit*.Departemen Pertanian, Jakarta.
- Fajri, V.(2008). *Gasifikasi Tempurung Kelapa Menggunakan Updraft Gasifier pada Beberapa Variasi Laju Alir Udara Pembakaran*. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya. Palembang
- Febrianto. 1999. *Pirolisis Serbuk Gergaji Secara Batch, Laporan Penelitian Proses Kimia*, Jurusan Teknik Kimia. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Hambali, E., Siti, M., Armansyah, H.H., Abdul, W.P., Roy, H., 2007. *Teknologi Bioenergi*. Argomedia. Jakarta.

- Hendra, D. dan Winarni, I. 2003. Sifat Fisik dan Kimia Briket Arang Campuran Limbah Kayu Gergajian dan Sabetan Kayu. *J. Penelitian Hutan* 21 (3) : 211-226.
- Jamilatun, S. 2011. Kapasitas Sifat-sifat Penyalaan dari Pembakaran Briket Tempurung Kelapa, Briket Gergaji Kayu Jati, Briket Sekam Padi dan Beriket Batubara. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kunjungan” Pengembangan Teknologi Untuk pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia. Yogyakarta.
- Kadir. 1995. Energi : Sumber Daya Inovasi, Tenaga Listrik, Potensi Ekonomi. Cetakan Pertama Adisi Kedua/Revisi. UI-Press, Jakarta.
- Kuncoro, H. dan L. Damanik. 2005. Kompur Briket Batubara. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Kurniawan. 2012. Karakteristik Konvensional Updraft Gasifier dengan Menggunakan Bahan Bakar Kayu Karet melalui Pengujian Variasi Flow Rate Udara. Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia. Depok.
- Murjitno, 2009. Alat Penangkap Gas Metana pada TPA Klasik Polyethylene untuk Skala Kecil, Universitas Sumatera Utara, Medan. *Jurnal Teknik Kimia*, 2(18):17-25.
- Najib, L. dan S. Darsopuspito. 2012. Karakterisasi proses gasifikasi biomassa tempurung kelapa sistem down-draft kontinyu dengan variasi perbandingan udara-bahan bakar (AFR) dan ukuran biomassa, Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya. *Jurnal Teknik ITS*, 1(1) : 2-5.
- Nur, S.M. dan Jusuf, J. 2014. Biomassa Bahan Baku dan Teknologi Konversi untuk Energi Terbarukan (Kajian Pustaka dan Gagasan Aplikasi Indonesia). PT Insan Fajar Mandiri Nusantara (ifmn). Bogor.
- Prasetya, S. 2015. Perancangan Gasifikasi Down-draft dengan variasi laju aliran oksigen sebagai agen gasifikasi. *Teknik Mesin Universitas Udayana*. Bali. *Jurnal METTEK*. 2 (1): 1-8.
- Pratoto, A. 2010. Rancang Bangun Tungku Gasifier Pemanfaatan Kelapa Sawit sebagai Sumber Energi. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Padang. Padang.
- Purbaya., A. Vachlepi, M. Solichin, D. Suwardin, dan A. Anwar. 2010. Studi penggunaan biomassa (briket arang sawit dan cangkang kelapa sawit) sebagai bahan bakar alternatif untuk pengeringan RSS. Laporan Akhir Penelitian Tahun 2010. Balai Penelitian Sembawa-Pusat Penelitian Karet.

- Reed T.B. dan Das A.,1988, Handbook of Biomass Downdraft Gasifier Engine Systems, Solar Energy Research Institute, Cole Boulevard, Golden, Colorado.
- Sianturi, J. 2013. Pengembangan Rancang bangun kompor Gassifikasi Biomassa Dengan Aliran Udara Paksa Untuk Apikasi Pengeringan. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Singh, G. S., S. Manoharai, dan T. S. Toh.1990. United plantations approach to oil palm mill by product management and utilization. Dalam teknologi pengolahan kelapa sawit dan produk turunannya, Medan.
- Subroto dan Prastiyo, D. 2013. Unjuk Kerja Tungku Gasifikasi Dengan Bahan Bakar Sekam Padi Melalui Pengaturan Kecepatan Udara Pembakaran. J. Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta. 14(2): 51-58.
- Suyitno. 2009. Pengolahan Sekam Padi Menjadi Bahan Bakar Alternatif Melalui Proses Pirolisis Lambat. J. Litbang Provinsi Jawa Tengah. 7 (2): 65-70.
- Syachri, N dan Hartoyo, 1976, Pengaruh Berat Jenis Kayu Daun Lebar terhadap Sifat Arang. Lembaga Penelitian Hasil Hutan, Bogor.
- Wahyudi. 2006. Penelitian Nilai Kalor Biomassa Perbandingan Antara Hasil Penguji Dengan Hasil Perhitungan. J. Ilmiah Semesta Teknika 9 (2): 208 - 220.
- Wahyuni, D. 2013. Rancang Bangun dan Uji Teknik Kompor Berbahan Bakar Limbah Biomassa Pertanian. Universitas Sriwijaya. Indralaya.
- Yunizurwan. 2007. Analisis Potensi dan Peluang Ekonomi Biodiesel dari Minyak Jarak Pagar (*Jathropa curcas L*) Sebagai Bahan Bakar Alternatif. Tesis pada Sekolah Pasca Sarjana Universitas Sumatera Utara. Medan.