ISBN : 978-602-73732-0-4

PROSIDING

SEMINAR NASIONAL TAHUNAN TEKNIK MESIN INDONESIA - XIV

SEMINAR NASIONAL TAHUNAN TEKNIK MESIN
Snttm XIV
Challenges and Applications of Mechanical Engineering Science for Asean Economic Community in 2015

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT

supported by AUTODESK, TEKNO + LOGIKA, TVRI, toc, TANARA OVERSEAS CORPORINDO, BUMA, Banjarmasin Post, KA

Universitas Lambung Mangkurat, *Banjarmasin*
7 - 8 Oktober 2015

Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIV (SNTTM XIV)

ISBN : 978-602-73732-0-4

Diterbitkan oleh : Program Studi Teknik Mesin Universitas Lambung Mangkurat

Alamat : Gedung Fakultas Teknik Unlam Banjarbaru

Jl. A. Yani Km.36 km. 36 Banjarbaru

Telepon/fax : 0511-4772646

Email : teknikmesin.ft@unlam.ac.id / fpaper.unlam@gmail.com

Contact Person : Akhmad Syarief ()

Hak cipta (c) 2015 ada pada penulis

Artikel pada prosiding ini dapat digunakan, dimodifikasi dan disebarkan secara bebas untuk tujuan bukan komersil, dengan syarat tidak menghapus atau mengubah atribut penulis. Tidak diperbolehkan melakukan penulisan ulang kecuali mendapatkan ijin terlebih dahulu dari penulis.

KATA PENGANTAR

Puji syukur Kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkah dan petunjuk-Nya sehingga "Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin ke-XIV" dan "*1st International Conference on Material, Manufacturing, and Mechanical Engineering*" dapat terlaksana dengan baik.

Seminar ini merupakan rangkaian kegiatan tahunan BKSTM Indonesia, yang kali ini Program Studi Teknik Mesin Universitas Lambung Mangkurat mendapat kepercayaan sebagai tuan rumah penyelenggara.

Dari terlaksananya seminar ini, diharapkan adanya kerjasama yang baik antar Program Studi Teknik Mesin seluruh Indonesia dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, dalam rangka menghadapi *Asean Economic Community 2015*.

Pada kesempatan ini Kami menyampaikan penghargaan setinggi-tingginya kepada BKSTM Indonesia, Pimpinan Universitas dan Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat, *keynote speaker*, tim *reviewer*, sponsor, pemakalah, serta segenap panitia yang telah berpartisipasi atas terselenggaranya acara ini.

Tidak lupa Kami selaku panitia pelaksana memohon maaf seandainya dalam penyelenggaraan acara ini ada kekurangan dan ketidaksempurnaan.

Akhir kata Kami ucapkan selamat berseminar, semoga kegiatan kita ini bermanfaat bagi kita semua.

Banjarmasin, September 2015

Panitia Pelaksana

International Editorial Review Board

S. Basavarajappa, University BDT College of Engineering. India
Nourredine Boubekry, University of North Texas, USA
Mohamed Bououdina, University of Bahrain College of Science, Bahrain
Juan C. Campos Rubio, Federal University of Minas Gelais. Brazil
Kevin Chou. The University of Alabama. USA
Mohammaci A. Chowdhury, Dhaka University of Engineering and Technology. Bangladesh
José Maria Cime, University of Coimbra, Portugal
António Completo, University of Aveiro, Portugal
Leonardo R. da Silva, Federal Center for Technological Education, Brazil
Teresa M. G. P. Duarte, University of Porto, Portugal
Jorge Ferreira. University of Aveiro. Portugal
Leandro Freitas, Petrôleo Brasileiro SA — PETROBRAS. Brazil
V. N. Gaitoride, B,V.B College of Engineering & Technology. India
Lidia Gurau. Transilvania University of Brasov, Romania
Maki K. Habib, The American University in Cairo, Egypt
Zhengyi Jiang, University of Wollongong, Australia
Sihai Jiao. Research Institute Baosteel. China
Ma-Eva Jiménez-Ballesta, Technical University of Cartagena, Spain
Martin Jun. University of Victoria. Canada
S. R. Kamik, B.V.B College of Engineering & Technology. India
N. Muthu Krishnan, Sri Venkateswara College of Engineering. India
Harmesh Kumar. Panjab University. India
Aitzol Lamikiz. University of the Basque Country. Spain
Yajie Lei. George Washington University, USA
Shuting Lei. Kansas State University,USA
AlUno Loureiro. University of Coimbra. Portugal
Alakesh Manna, Punjab Engineering College, India
Angelos P Markopoulos, National Technical University of Athens, Greece
Louis Montebello, STMicroelectronics. Malta
Rui A. S. Moreira, University of Aveiro, Portugal
Fusaomi Nagata, Tokyo University of Science, Japan
Arup Kumar Nandi. Central Mechanical Engineering Research Institute. India
Alfonso H. W. Ngan, University of Hong Kong, China
Meng Ni. The Hong Kong Polytechnic University, China
K. Palanikumar. Sri Sairam Institute of Technology, India
Risto Poykio, Environmental Manager of Kemi City. Finland
Hal Oirig. Siemens Wind Power AIS. Denmark
Fabrizio Quadrini, University of Rome 'Tor Vergata. Italy
Ramon Quiza, University of Matanzas. Cuba
Manish Roy. Defence Metallurgical Research Laboratory. India
Prasanta Sahoo. Jadavpur University. India
Loredana Santo, University of Rome Tor Vergata, Italy
M. A. Shah. King Abdul Aziz University, Saudi Arabia
Vishal S. Sharma, Ambedkar National Institute of Technology. India

Reviewers

Prof. Dr. Ing. Harwin Saptoadi (TM. UGM)

Prof. Dr. Yatna Yuwana Martawirya (TM. ITB)

Prof. Dr. Jamasri (TM. UGM)

Prof. Dr. Sulistijono (TM. ITS)

Prof. Dr. Komang Bagiasna (TM. ITB)

Prof. Dr. Ing. Mulyani Bur (TM. UNAND)

Prof. Dr. Ir. Harinaldi, M.Eng. (TM. UI)

Prof. Dr. Fathurrazie Shadiq (UNLAM)

Dr. Jamari (UNDIP)

Dr. Ir. Syahril Taufiq, MSc.Eng. (UNLAM)

Aqli Mursadin. PhD. (UNLAM)

Steering Committee

Advisor

Yulian Firmana Arifin

Chairman

Syahril Taufik

Vice chairman

Akhmad Syarief

Apip Amrullah

M. Rizali

Secretary

M. Jaya Winata, Samsul Rahman, Aries Aditya Kurniawan,
Yuliana Isnani

Organizing committee

Lukman Alibi, Diaurrahman, M. Aulia Rahman,
Bagus Saputro, Raizal Rais, Syauqi Rahmat Firdaus, Rahmat Ilmi,
Irraz Epiondra Fathan, Falentino Ari K, M. Jurni, Fatah Hidayatullah, Moch. Saifudin,
Maidi, Fajar Perdana Putra, Trisna Aditya,
Fakhdillah Bustomi, Akh. Maulana Gumai, Edy Saputro, Jumalik,
Rizky Arya S., M. Fajar Ridwan, Rian Wahyudi, A'yan Sabita,
Ichwan Noor A, Hendrico Ramelan P,
Syahbudi Agung P, Setyo Yulio P.

PROCEEDING SEMINAR NASIONAL TAHUNAN TEKNIK MESIN (SNTTM) XIV
BADAN KERJASAMA TEKNIK MESIN (BKSTM) INDONESIA
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT BANJARMASIN
7-8 OKTOBER 2015

Halaman :

KODE		NAMA PENULIS	JUDUL
KE	21	Darwin Rio Budi Syaka, Umeir Fata Amaly, Ahmad Kholil	Mesin Kompresi Udara Untuk Aplikasi Alat Transportasi Ramah Lingkungan Bebas Polusi
KE	22	Edi Widodo, Ali Akbar, Supriyanto	*THE EFFECT OF THE CONCENTRATION OF THE SALT SOLUTION TO THE CHARACTERISTICS OF TWO PHASE FLOW AIR WATER*
KE	23	Engkos A. Kosasih, Harinaldi, Ramon Trisno	Karakteristik Pembentukan Cincin Vorteks pada Jet Sintetik akibat Perubahan Frekwensi Eksitasi pada Aktuator Ber-*cavity* Kerucut
KE	24	Evi.Sofia,Abdurrachim	KAJI TEORITIK KONSUMSI LPG SEBAGAI SUMBER PANAS PADA PETERNAKAN AYAM BROILER TIPE KANDANG TERTUTUP (CLOSED HOUSE)
KE	25	Fajri Vidian' Hasan Basri, Alfentri Lingga Safutra	STUDI AWAL GASIFIKASI SERBUK KAYU PADA *OPEN TOP STRATIFIED DOWNDRAFT GASIFIER*
KE	26	Gede Widayana	Prototipe Sistem Pengering Cengkeh Dengan Energi Surya
KE	28	Harinaldi, Budiarso, James Julian, Andika. W.S	Drag Reduction in Flow Separation Using Plasma Actuator in a Cylinder Model
KE	29	Herry Wardono, Mario	PENGARUH VARIASI NORMALITAS AKTIVATOR PADA AKTIVASI NaOH-FISIK *ADSORBEN FLY ASH* BATUBARA TERHADAP PRESTASI MESIN SEPEDA MOTOR 4-LANGKAH
KE	30	I Ketut Gede Wirawan, Made Sucipta, I Putu Agus Arisudana	PENGARUH TEMPERATUR PEMANASAN AWAL TIPE *STRAIGHT* PADA MINYAK KELAPA TERHADAP SUDUT SEMPROT NOSEL
KE	31	I Made Kartika Dhiputra, Johni Jonatan Numberi, Arifia Ekayuliana	PEMANFAATAN AMPAS ELA SAGU SEBAGAI BIOETANOL UNTUK KEBUTUHAN BAHAN BAKAR RUMAH TANGGA DI PROVINSI PAPUA
KE	32	IDG Agus Tri Putra, Sudirman	Analisis Beban Thermal Rancangan Mesin Es Puter Dengan Kompresor ½ PK Untuk Skala Industri Rumah Tangga
KE	34	Iwan Kurniawan,Awaludin Martin, Mintarto	Rancang Bangun Kondenser pada Pengering Beku Vakum
KE	35	Jalaluddin, Effendi Arief, Rustan Tarakka	Analisis Performansi Kolektor Surya Pemanas Air Dengan Pelat Kolektor Bentuk-V
KE	36	Jenny Delly, Ridway Balaka, Baso Mursidi, Ruspita Sihombing	PEMBUATAN SISTEM DESTILASI UNTUK MENGHASILKAN ETANOL DARI NIRA AREN SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF
KE	37	Ketut Astawa, Nengah Suarnadwipa, Widya Putra	Analisa Performansi Kolektor Surya Pelat Bergelombang untuk Pengering Bunga Kamboja
KE	38	Khairil Anwar, Basri, Syahrir	Pengaruh Jarak *Concentric* dan *Eccentric reducer* Pada Sisi Isap Pompa Sentrifugal Terhadap Gejala Kavitasi

STUDI AWAL GASIFIKASI SERBUK KAYU PADA *OPEN TOP STRATIFIED DOWNDRAFT GASIFIER*

Fajri Vidian[1, a*], Hasan Basri[2] , Alfentri Lingga Safutra[3]

[1,2,3]Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

Jl Palembang-Prabumulih KM 32, Ogan Ilir (OI), Sumatera Selatan

[a*] fajri.vidian@unsri.ac.id

Abstrak

Penelitian ini dilatar belakangi oleh banyaknya limbah serbuk kayu di Sumatera Selatan, khususnya disekitar Universitas Sriwijaya, Inderalaya Ogan Ilir dan kemudahan pembuatan serta operasi *gasifier* tipe *open top stratified downdraft* untuk menghasilkan gas mampu bakar (*combustible gas*). Penelitian dilakukan dengan tujuan mengetahui karakteristik pengoperasian *gasifier*, stabiltas gas yang dihasilkan serta nilai equivalensi rasio (ER) proses gasifikasi. Pengujian dilakukan di Laboratorium Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya. Peralatan pengujian yang digunakan adalah sistem gasifikasi berupa reaktor gasifikasi tipe *downdraft* tanpa daerah pengecilan (*stratified*) dengan bagian atas tanpa tutup (*open top*). Peralatan sistem gasifikasi dilengkapi dengan sistem pembersih gas berupa siklon, *spray tower* dan filter. Udara pembakaran dihisap menggunakan blower. Proses pemasukkan bahan bakar dilakukan dengan sistem kontinyu. Hasil pengujian menunjukkan : proses gasifikasi berlangsung pada laju pemakaian bahan bakar lebih kurang 5 kg/jam, jumlah udara pembakaran yang digunakan 8,9 kg/jam, gas mampu bakar dapat diperoleh setelah operasi berlangsung lebih kurang 15 menit setelah *start-up*. Gas mampu bakar diperoleh pada kondisi semua zona proses gasifikasi tersedia (zona pengeringan, flaming pirolisis, reduksi). Tinggi total daerah flaming pirolisis dan daerah reduksi dari bagian bawah reaktor lebih kurang 35 cm. Ketinggian daerah pengeringan lebih kurang 5 s/d 10 cm. Stabilitas gas diperoleh lebih kurang 67 menit. Dengan nilai equivalensi rasio antara 0,17 s/d 0,36.

Kata Kunci : Gasifikasi, serbuk kayu, *open top, stratified, downdraft, gasifier*.

1. Pendahuluan

Dalam upaya mengatasi kebutuhan energi yang meningkat dan sumber energi fosil yang terbatas maka diperlukan mencari sumber energi alternatif yang dapat menyediakan sumber energi secara terus menerus. Energi tersebut adalah sumber energi yang dapat diperbaharui. Sumber energi yang dapat diperbaharui antara lain angin, air, sinar matahari dan biomassa [1,2]. Sumber biomassa yang tersedia di Indonesia berupa sekam padi, ampas tebu, batok kelapa, batang jagung, cangkang sawit, tandan kosong kelapa sawit, kayu limbah pengergajian dan kayu limbah regenerasi kebun karet, daun-daunan dan lain-lain.

Sistem teknologi pemanfaatan biomassa untuk menghasikan energi saat ini dilakukan dengan sistim pembakaran langsung pada boiler yaitu pemanfaatkan panas yang dihasilkan untuk menghasilkan uap, selanjutnya uap dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin uap sebagai pembangkit listrik. Sistim pembakaran langsung memiliki kelemahan pada efisiensi pengkompersian yang rendah serta masalah polusi lingkungan yang dihasilkan.

Gasifikasi menawarkan gabungan efisiensi, fleksibilitas dan keramahan terhadap lingkungan, keseluruhan hal tersebut sangat penting dalam memenuhi kebutuhan energi yang akan datang. Gasifikasi adalah suatu proses termokimia yang mengubah bahan bakar padat menjadi gas mampu bakar

(bahan bakar gas) di dalam suatu reaktor yang disebut *gasifier*.

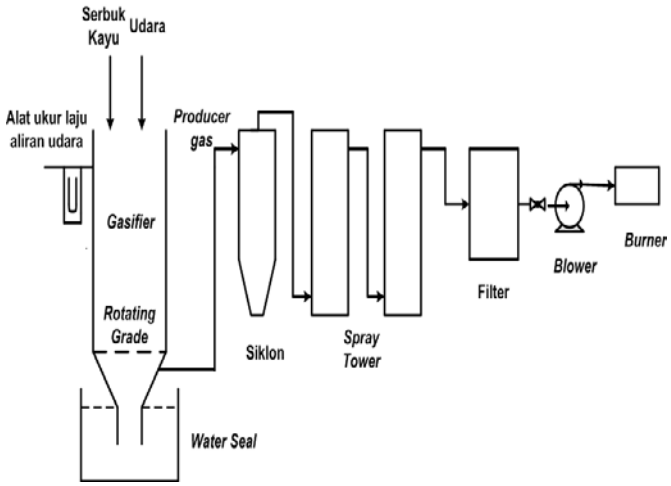
Pemanfatan tekonologi gasifikasi untuk mengkomversikan biomassa menjadi energi terkadang mengalami hambatan pada pengoperasian sistem *gasifier* secara konvesional. Pengoperasian *updraft gasifier* secara konvensional akan menemui hambatan pada saat pemasukkan bahan bakar dimana tekanan gas keluar reaktor sangat besar disamping jumlah tar yang dihasilkan besar. Penggunaan *imbert downdraft gasifier* sering mengalami hambatan dimana aliran bahan bakar terutama biomassa didalam tidak lancar karena adanya daerah pengecilan (*throat*) pada bagian tengah reaktor. *Open top stratified downdraft gasifier* merupakan salah tipe *gasifier* yang dapat mengatasi permasalahan-permasalahan diatas.

Penelitian bertujuan untuk mengetahui karakeristik operasi gasifikasi biomassa serbuk kayu, stabilitas gas dan nilai equivalensi rasio proses. pada *open top stratified downdraft gasifier*.

2. Metodologi Penelitian

Penelitian dilakukan pada Laboratorium Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Univesitas Sriwijaya. *Open top stratified downdraft gasifier* dengan tinggi 63 cm dan diameter 23 cm dari bahan *stainless stell* dilengkapi dengan sistem pembersih gas yang terdiri dari siklon, *spray tower* dan filter digunakan dalam penelitian ini (Gambar 1). Untuk menjamin bahan bakar dapat turun dengan teratur didalam reaktor maka digunakan mekanisme grade yang dapat diputar (*rotating grade*)

Bahan Bakar yang digunakan pada penelitian ini adalah serbuk kayu dengan analisa ultimat terlihat pada Tabel 1. Serbuk kayu dan udara masuk dari bagian atas reaktor. Proses pengujian dilakukan dengan sistem kontinyu. Sebuah *blower* hisap digunakan untuk menarik udara ke dalam reaktor. Kapasitas penuh reaktor memuat lebih kurang 1,5 kg serbuk kayu. Proses pemasukkan bahan bakar dilakukan secara kontinyu. Laju pemakaian udara diukur menggunakan flat orifis dengan pembacaan manometer pipa U.



Gambar 1. Sistem Gasifikasi dan Sistem Pembersih Gas

Tabel 1 Analias Ultimat

Nama unsur	% berat
C	56,31 %
H	7,78 %
O	34,73 %
N	1,06 %

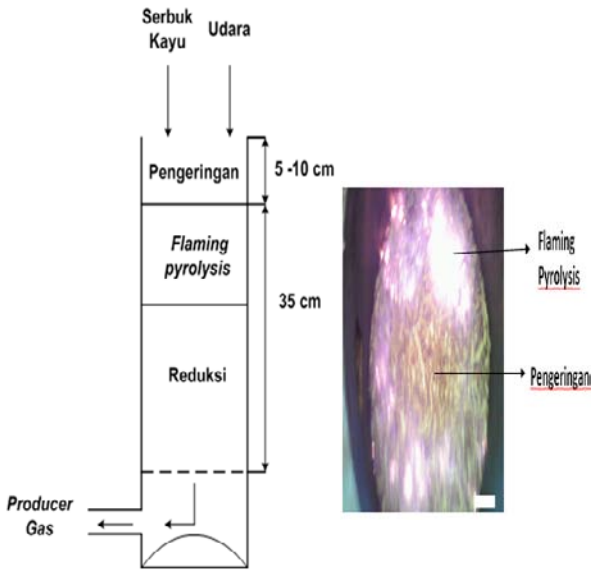
Sumber [3]

3. Hasil dan Diskusi

3.1. Zona Gasifikasi

Hasil pengujian memperlihatkan gas mampu bakar baru dapat diperoleh ketika kondisi reaktor sudah sangat panas. Dimana untuk mendapatkan kondisi reaktor panas tersebut diperlukan kurang lebih waktu 20 menit. Zona gasifikasi (Pengeringan, *flaming pyrolysis*, reduksi) harus terbentuk terbentuk terlebih dahulu agar gas mampu bakar dapat dinyalakan. Hal ini dapat terlihat jika tidak terdapat bahan bakar yang belum terbakar pada lapisan flaming pirolisis maka gas mampu bakar yang dihasilkan akan berhenti. Penjagaan stabilitas zana pengeringan atau bahan bakar belum terbakar sangat menentukan kontinuitas gas yang dihasilkan. Hasil pengujian menunjukkan daerah *flaming pirolisis* terjadi pada jarak ± 5 s/d 10 cm dari posisi udara masuk atau pada tinggi zona pengeringan 5 s/d 10 cm (Gambar 2(a)) dimana hasil ini tidak jauh berbeda dengan hasil Bario dkk (2001) [4]. Bahan bakar akan

cepat terkonsumsi oleh pada pada proses flaming pyrolisis sehingga harus segera ditambah sebelum semua bahan bakar terkonsumsi habis pada posisi zona pengeringan [5]. Hasil pengujian menunjukkan jika semua daerah pada bagian atas reaktor telah menjadi daerah *flaming pyrolysis* maka gas mampu bakar tidak dapat dinyalkan lagi sehingga penambahan bahan bakar harus segera dilakukan sebelum daerah pyrolysis mulai tampak seperti pada Gambar 2(b). Panjang jarak terjadinya flaming pyrolisis dari posisi udara dan bahan bakar masuk sangat tergantung dengan jumlah *volatile y*ang dikandung oleh bahan bakar semakin banyak *volatile* akan mempercepat proses *flaming pyrolysis* pada kondisi kandungan air yang sama. Kayu memiliki *volatile matter* lebih besar dari 60 % sehingga temperatur *ignition* berkisar ± pada suhu 500 ^{0}C [6] dimana pada pada temperatur tersebut semua *volatile matternya* telah lepas dari permukaan bahan bakar. Total tinggi daerah *flaming pyrolysis* dan daerah reduksi ± 35 cm dari bagian bawah reaktor, hasil pengujian tidak jauh berbeda dengan beberapa pengujian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Bario dkk, 2001 [4].

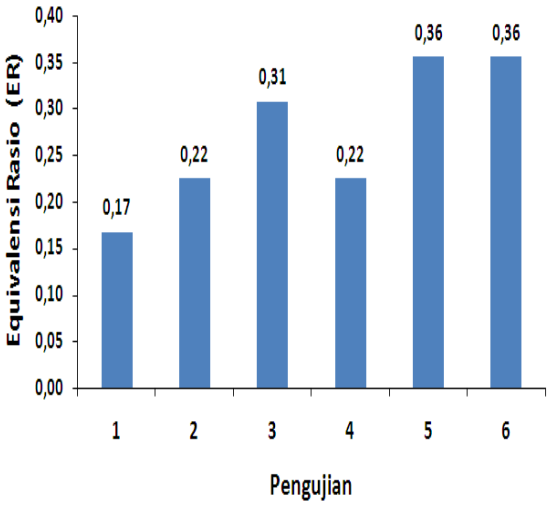


(a) (b)

Gambar 2. (a) Tinggi daerah *flaming pyrolysis* ; (b) Tampak atas posisi daerah pengeringan dan daerah *flaming pyrolysis*

3.2. Equivalensi Rasio Proses Gasifikasi

Equivalensi rasio adalah satu parameter kinerja proses gasifikasi yang mengambarkan persentase udara yang digunakan dari total jumlah udara stoikiometri. Secara teoritis equivalensi rasio untuk proses gasifikasi berkisar antara 0,2 s/d 0,4 udara stoikimetri. Hasil pengujian menunjukkan pada kondisi gas yang dihasilkan dapat dinyalakan nilai equivalensi rasio antara 0,17 s/d 0,36 (Gambar 4) dimana nilai mendekati nilai teori yang ada serta tidak jauh berbeda dengan hasil eksperimen oleh Jain dkk, (2000) [7]. Bervariasinya nilai equivalensi rasio ini disebabkan oleh ukuran dari serbuk yang tidak seragam serta bahan bakar turun di dalam reaktor juga belum seragam sehingga menyebabkan flaming pyrolisis juga berbeda walaupun dengan suplai udara yang hampir sama. Akibat kondisi tersebut laju pembakaran juga tidak sama antara pengujian yang satu terhadap pengujian yang lainnya. Nilai equivalensi rasio untuk konvensional *startified downdraft gasifier* dapat mencapai 0,45 [7,8].

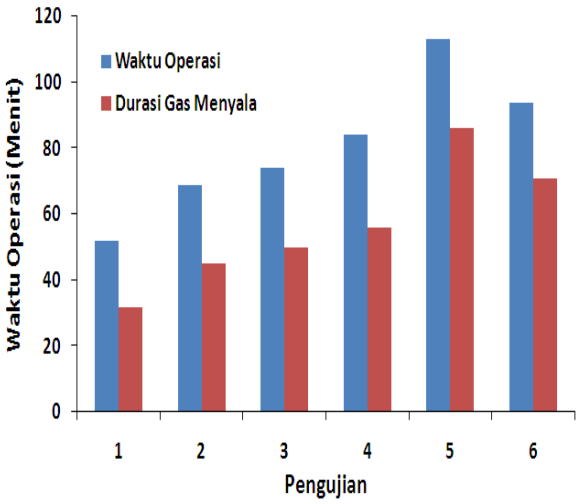


Gambar 4. Nilai equivalensi rasio pada beberapa pengujian

3.3. Stabilitas Gas .

Stabilitan gas juga sangat ditentukan oleh penjagaan kondisi daerah pengeringan pada bagian atas reaktor serta kestabilitas zona-zona yang lain. Pemutaran *grade* reaktor

juga sangat mempengaruhi kestabilitasan gas, hal ini disebabkan dengan pemutaran *grade* maka bahan bakar akan turun merata dalam reaktor. Secara umum perbandingan dengan waktu operasi dan durasi gas dapat menyala hampir sama berkisar ± 10 : 7 untuk setiap pengujian seperti ditunjukkan pada Gambar 5. Rata – rata nyala gas ± 67 menit yang divisulisasikan oleh *flare* hasil pembakaran gas yang meyala terus. tampa berhenti setelah disulut. Nyala gas hasil gasifikasi diperlihatkan pada Gambar 6.



Gambar 5. Perbandingan waktu operasi terhadap durasi gas menyala

Gambar 6. Nyala pembakaran gas hasil Gasifikasi

4. Kesimpulan

Dari hasil pengujian skala laboratorium gasifikasi serbuk kayu pada open top throatless downdraft gasifier diperoleh beberapa hasil-hasil penting.

1. Karakteristik operasi *gasifier* yaitu laju pemakaian bahan bakar ± 5 kg/jam, gas mampu nyala diperoleh setelah operasi berjalan ± 15 menit jarak daerah flaming pyolisis dari posisi udara masuk lebih kurang 5- 10 cm.
2. Proses gasifikasi berlangsung pada daerah nilai equivalensi rasio antara 0,17 s.d 0.36
3. Stabiliatas gas diperoleh rata – rata ± 67 menit, dengan perbandingan anatara lama waktu operasi terhadap durasi nyala gas adalah 10 : 7.

Ucapan Terimah Kasih

Penulis mengucapkan Terimah Kasih Kepada Rektor Universitas Sriwijaya melalui Lembaga Penelitian Universitas Sriwijaya yang telah membiayai penelitian ini melalui Hibah Unggulan Kompetitip Tahun 2015, Bidang Energi Baru/Terbarukan.

Referensi

[1]. Nair. S.A, Pemen. AJM, Yan K, Van Combel FM, Van Leuken. HEM, Van Heeseeti EJM, Tar Removal from Biomass Derived Fuel Gas by Pulsed Corona Discharge, Elivier, Fuel Processing Technology 84 (2003) 161 – 173.

[2]. Bridgwater,AV., Thermal Processing of Biomass for Fuels and Chemical, Paper,. 6th Asia- Pacific International Symposium on Combustion and Energy Utilization (2002).

[3]. Laohalidanond. K, Heil. Jürgen, Wirtgen. C, The Production of Synthetic Diesel from Biomass (2006), Vol 6 No 1 Jan – Jun.

[4]. Barrio. M, Fossum. M, Hustad J.E, Operational Characteristics of a Small Scale Stratified Downdraft Gasifier, Six International Conference Technology and Combustion for Clean Environment (2001).

[5]. Reed. T.B, Das. A, Hand Book of Biomass Downdraft Gasifier Engine System, Solar Energy Research Institute, Golden Colorado. 1988,

[6]. Spliethoff.bH, Power Generation from Solid Fuel, Springer -Verlag Berlin Heidel Berg, 2010.

[7]. Jain. A.K, Gross. J.R,“ Determination of Reactor Scaling Factor for Throaless Rice Husk Gasifier‘‘, Biomass and Bioenergy 18 (2000) 249 – 256**.**

[8]. Barrio. M, Fossum. M, Hustad J.E, A Small Scale Stratified Downdraft Gasifeir Coupled to A Gas Engine for Combined Heat and Power Production, Progress in thermochemical Biomass Conversion Volume 1 (2001).