

No. ISBN: 978-602-449-145-1



PROSIDING SEMINAR NASIONAL

Revitalization of Technical and Vocational
Education to Face Industrial Revolution 4.0

Dalam Rangka Konvensi Nasional Ke IX
Asosiasi Pendidikan Teknologi dan Kejuruan Indonesia

Surabaya 11 - 14 Juli 2018

PROSIDING SEMINAR NASIONAL
Revitalization of Technical and Vocational
Education to Face Industrial Revolution 4.0

Surabaya, 11 - 14 Juli 2018



Fakultas Teknik
Universitas Negeri Surabaya
2018

PROSIDING SEMINAR NASIONAL Asosiasi Pendidikan Teknologi dan Kejuruan Indonesia (APTEKINDO) 2018

Tema:

**Revitalization of Technical and Vocational Education to Face
Industrial Revolution 4.0**

Surabaya, 11 – 14 Juli 2018

Pembicara:

Prof. Dr. Muhadjir Effendy, M.A.P.
Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Indonesia (Indonesia)

Michael Freiherr von Ungern – Sternberg
*Extraordinary and Plenipotentiary Ambassador of the Federal Republic of Germany to Indonesia, ASEAN
and Timor-Leste (Jerman)*

Prof. Dr. Wenny Rahayu
*Head of School of Engineering and Mathematical Sciences
La Trobe University Victoria (Australia)*

Prof. Dr. Muchlas Samani, M.Pd.
Rektor Universitas Negeri Surabaya periode 2010-2014 (Indonesia)

THE
Character Building
UNIVERSITY



Fakultas Teknik
Universitas Negeri Surabaya
2018

Subtema 9: Sertifikasi Kompetensi

- MUTU BATU BATA CAMPURAN HASIL SEDIMENTASI PENAMBANGAN BATU GAMPING PT. SEMEN PADANG N9-1-1
Totoh Andayono, Eka Juliafad, Rusdi Halim
Universitas Negeri Padang
- PERANCANGAN SYSTEM MONITORING PEMBUANGAN SAMPAH MODERN BERBASIS RADIO NRF24L01 DAN SENSOR ULTRA SONIC HC- SR04 N9-2-1
Farid Baskoro S.T., M.T, Bagus Rio Rynaldo
Universitas Negeri Surabaya
- TEKNIK PEWARNAAN PADA KAIN TENUN KAJANG N9-3-1
Kurniaty
Universitas Negeri Makassar
- PENGARUH PASIR SUNUA TERHADAP MORTAR POZOLAN KAPUR N9-4-1
Iskandar G. Rani, Fitra Rifwan, Febi Rahmadani
Universitas Negeri Padang
- MEMBANDINGKAN KANDUNGAN KARBON PADA BATERAI HANDPHONE TIPE LI-ION KUALITAS LAYAK DAN TIDAK LAYAK PAKAI N9-5-1
Himawan Hadi Sutrisno, Triyono, Jafar Amiruddin, Riza Wirawan
Universitas Negeri Jakarta
- PENGARUH VARIASI TEKANAN SUCTION TERHADAP UNJUK KERJA REFRIGERATOR DOMESTIK YANG MENGGUNAKAN PARALLEL EXPANSION N9-6-1
Ega Taqwali Berman, Marsetio H.K. Negara, dan Dedi Supriawan
Universitas Pendidikan Indonesia
- KAJIAN EKSPERIMENTAL KEMAMPUAN BAHAN BAKAR BIOMASSA MENGGUNAKAN TUNGKU PENGGAS N9-7-1
Janter, Bisrul
Universitas Negeri Medan
- PEMANFAATAN MATERIAL LOKAL QUARRY LONGALO SEBAGAI BAHAN LAPIS PONDASI ATAS JALAN RAYA N9-8-1
Fadly Achmad
Universitas Negeri Gorontalo
- SERTIFIKASI KOMPETENSI N9-9-1
Hariyadi Gunawan Buntoro Wibowo, Teguh Prihanto
Universitas Negeri Semarang

Kajian Eksperimental Kemampuan Bahan Bakar Biomassa Menggunakan Tungku Pnggas

Janter^{1,a)}, Bisrul^{1,b)}

¹⁾ Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, North Sumatera, Indonesia

^{a)} janterps@gmail.com

^{b)} bisrulhapis@gmail.com

Abstrak. Tujuan penelitian ini adalah menguji kemampuan empat jenis bahan bakar biomassa menggunakan sebuah tungku pnggas (*Stove gasifier*). Parameter operasional yang digunakan adalah perbandingan udara dan biomassa atau disebut *air fuel ratio* (A/F). Kemampuan bahan bakar dianalisis dengan metode *water boiling test* (WBT), dimana gas dapat terbakar (*producer gas*) dari tungku dibakar langsung untuk dan digunakan untuk mendidihkan air dalam ketel. A/F yang tepat akan menghasilkan gas dapat terbakar yang berkualitas dan mengandung nilai kalor (*heating value*) (HV) yang tinggi. Gas dengan nilai kalor yang tinggi akan mempercepat air mendidih dibandingkan dengan bahan bakar dengan nilai kalor yang rendah. Kinerja tungku pnggas ditentukan melalui lama waktu pendidihan air. Dari hasil pengujian diperoleh bahwa biomassa potongan kayu lebih baik dari segi waktu pendidihan diikuti oleh batok kelapa, tongkol jagung, dan cangkang kemiri.

Kata kunci: Biomassa, gas dapat terbakar, tungku, gasifier

PENDAHULUAN

Sekitar 35% penduduk dunia saat ini menggunakan sumber energi dari biomassa untuk keperluan memasak dan pemanasan. Hal ini terjadi karena masih banyak daerah terpencil yang belum terjangkau oleh aliran listrik, bahan bakar minyak (BBM) dan gas (LPG). Disamping itu harga BBM dan gas juga terus meningkat membuat daya beli masyarakat menjadi berkurang dan lebih memilih menggunakan bahan bakar alternatif. Jumlah ini akan bertambah lagi menjelang tahun 2030 dimana akan hampir setengah dari jumlah populasi manusia menggunakan biomassa sebagai sumber energi [1] dan masing-masing keluarga akan memerlukan 2 ton kayu tiap tahunnya untuk keperluan memasak dan pemanasan [2]. Biomassa biasanya dibakar secara langsung untuk mendapatkan energi panas, namun hal ini sangat mempengaruhi lingkungan hidup manusia dalam jangka waktu yang lama. Zat pengotor udara (*pollutant*) sebagai hasil reaksi pembakaran akan terlepas ke atmosfer dan dapat mengganggu dan memperburuk lingkungan hidup manusia terlebih kepada sistem pernafasan. CO adalah salah satu jenis *pollutant* hasil rekasi pembakaran tak sempurna biomassa yang merupakan zat beracun.

Biomassa sudah berperan sebagai sumber energi sejak dahulu dalam perkembangan peradaban manusia di dunia ini. Di awal tahun 1960-an misalnya, pemerintah Indonesia sudah mulai menyadari dan melirik biomassa sebagai sumber energi alternative. Disamping sebagai sumber energi yang ramah lingkungan dan sifatnya terbarukan, produksinya juga melimpah mengingat negara Indonesia adalah negara agraria dengan produksi biomassa yang signifikan. Berdasarkan data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral bahwa sumber energi dari biomassa ekuivalen dengan 50.000 MW sedikit dibawah sumber energi dari air (*hydropower*). Ini menandakan bahwa biomassa sangat potensial dalam menyumbang kebutuhan energi di Indonesia serta mengurangi ketergantungan pada sumber energi dari fosil. Dalam perencanaan energi nasional, di tahun 2025 pemerintah menargetkan 15% energi berasal dari energi terbarukan dan itu 5%-nya disumbangkan oleh biomassa [3].

Sampai saat ini teknologi pembakaran biomassa menggunakan tungku (*stove*) sudah banyak dan berkembang terus dengan kemampuan dan kelemahan yang dimiliki [4, 5]. Tungku pembakaran dirancang-bangun, dimodifikasi dan di uji untuk mendapatkan performansi yang diharapkan paling tidak mendekati performansi tungku yang menggunakan LPG ataupun minyak tanah (*kerosene*) sebagai bahan bakar. Beberapa peneliti mempelajari pembakaran biomassa didalam tungku pembakaran untuk mendapatkan tungku yang efisien. Raman dkk (2013) [6] mengevaluasi pembakaran biomassa didalam sebuah tungku pembakaran dan fokus pada pengujian beberapa jenis biomassa sebagai bahan bakar. Mereka menemukan bahwa kebutuhan bahan bakar spesifik (SFC) untuk masing-masing biomass adalah berbeda.

Murray dkk (2012) [7] juga melakukan penyelidikan terhadap emisi yang timbul ketika menggunakan tungku konvensional untuk pembakaran bahan bakar briket. Mereka menemukan bahwa CO, NO_x dan SO₂ merupakan komponen polutan yang paling banyak dihasilkan. Ahiduzzaman dan Sadrul (2013) [8] juga

melakukan penelitian terhadap tungku pembakaran dengan menggunakan sekam padi yang dibentuk menjadi briket sebagai bahan bakar. Mereka berhasil mengoptimalkan tungku untuk menghasilkan energi listrik sebesar 6 kW. Hermawan dkk (2014) [9] juga melakukan penelitian terhadap efisiensi sebuah tungku pembakaran biomassa dari cangkang kelapa sawit. Mereka berhasil mendapatkan efisiensi tungku sebesar 66.63%. Michael dkk (2013) [10] melakukan riset terhadap pengaruh penggunaan biomassa untuk menghasilkan energi panas terhadap pemukiman penduduk. Di tempat lain, Semmens dkk (2015) [11] juga melakukan penelitian terhadap kualitas lingkungan akibat pengaruh penggunaan bahan bakar padat sebagai penghasil energi panas. Partikel-partikel halus hasil pembakaran yang terbang ke udara bebas sangat membahayakan pernafasan manusia.

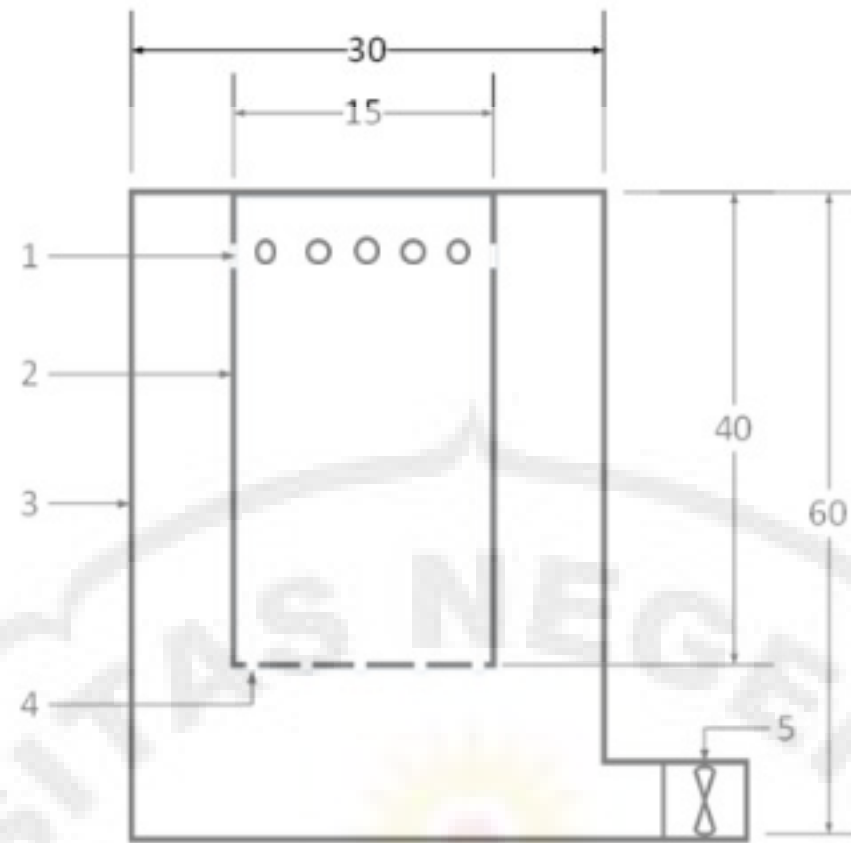
Pembakaran tidak stoikiometris, dimana udara berlebih disuplai ke tungku akan menghasilkan temperatur nyala (700 – 800) °C. Sedangkan temperatur reaksi dapat mencapai suhu 950°C -1100 °C. Temperatur yang tinggi akan memicu reaksi pembentukan polutan NO_x, dimana nitrogen dalam udara bereaksi dengan oksigen membentuk karbon monoksida (CO) ataupun karbon dioksida (CO₂). Disamping menimbulkan polusi, partikel-partikel halus, karbon yang tidak terbakar (*unburnt*) juga akan terbentuk dan terlepas ke udara bebas bersama gas hasil pembakaran yang dapat mengganggu sistem pernafasan manusia [12]. Untuk mengatasi hal ini maka temperature reaksi pembakaran diturunkan menjadi sekitar 750°C – 850 °C dengan mengontrol kelajuan (*flowrate*) udara pembakaran yang dimasukkan ke dalam tungku dibawah reaksi stoikiometris. Proses pembakaran seperti ini disebut dengan reaksi pembakaran tak sempurna (*incomplete combustion*). Reaksi seperti ini akan menghasilkan gas dapat terbakar (*producer gas*), kemudian gas ini dibakar secara langsung untuk mendapatkan energi panas yang diperlukan untuk keperluan lebih lanjut. Temperatur nyala dari pembakaran gas ini dapat mencapai 1000 °C hingga 1100 °C. Reaksi dengan jumlah udara yang terbatas atau sering disebut proses gasifikasi (*gasification*) sangat sesuai untuk menjawab persoalan yang timbul dari pembakaran biomassa secara langsung.

Gasifikasi adalah suatu proses yang sifatnya memerlukan panas (*endothermic*) untuk mengonversi bahan bakar padat (umumnya biomassa) menjadi bahan bakar gas dengan kandungan utama adalah CO, CH₄, dan H₂. Berbeda dengan proses pembakaran, selain dengan udara, gasifikasi bisa dilakukan dengan menggunakan oksidator (*gasification agent*) yang lain misalnya uap air (*steam*). Namun selain memerlukan biaya untuk produksi uap air, proses menjadi sangat endotermis dan memerlukan tambahan energi dari luar sistem. Umumnya gasifikasi menggunakan oksigen dalam udara sebagai oksidator. Selain biaya murah, udara juga tersedia kapan saja diperlukan. Gasifikasi menggunakan udara sebagai oksidator dimaksudkan untuk mendapatkan energi panas dari pembakaran karbon (*char*) sisa proses gasifikasi sehingga proses dapat berlangsung tanpa asupan energi panas dari luar sistem. Umumnya oksigen yang diperlukan hanyalah dalam jumlah yang sedikit/terbatas. Oleh karena itu proses gasifikasi sering juga disebut proses pembakaran tidak sempurna [13-16]. Pengembangan terhadap tungku pembakaran biomassa sudah banya dilakukan namun pengembangan terhadap tungku penggas (*gas stove*) masih sedikit sehingga data-data tentang tungku penggas sangat terbatas.

Penelitian ini difokuskan pada evaluasi kemampuan bahan bakar biomassa menggunakan sebuah tungku penggas (*gasifier*). Tungku dibuat berdasarkan prinsip kerja *forced-draft gasifier*, dimana udara disuplai dengan menggunakan blower kecil. Diharapkan dari hasil penelitian ini sebuah tungku penggas biomassa akan mampu diterapkan dan digunakan oleh penduduk di pedalaman untuk menggantikan tungku konvensional/tradisional yang digunakan selaman ini. Disamping mudah dioperasikan harganya relatif murah. Pada kesempatan lain tungku penggas ini akan diujicobakan menggunakan jenis biomassa lainnya mengingat sumber-sumber biomassa yang melimpah didaerah pedesaan.

METODE PENELITIAN Inisiasi Rancangan Prototipe

Desain rancangan tungku penggas mengacu kepada rancangan-rancangan peneliti terdahulu [4, 17]. Tungku ini dibuat dari logam (besi pelat) dan dilapisi bahan non-konduktor serta dibalut dengan bahan aluminium di bagian terluar. Bentuk tungku adalah bulat silinder dan dirancang untuk mudah digunakan oleh pengguna. Secara skematik rancangan tungku penggas dan notasi ditunjukkan seperti pada GAMBAR 1. Tungku terdiri dari dua buah silinder berbeda diameter yang diletakkan sepusat. Inti tungku (2) adalah ruang proses gasifikasi dan silinder bagian luar (3) berfungsi sebagai kotak udara (*air box*) dan dapat juga berfungsi sebagai isolator udara. Tungku penggas ini bekerja berdasarkan prinsip kerja *forced- draught fixed-bed gasifier*, dimana sebuah kipas angin jenis *regulated DC fan* (5) digunakan untuk mensuplai udara untuk kebutuhan gasifikasi. Selain udara keperluan gasifikasi (4), dibagian atas tungku juga dilengkapi suplai udara (*secondary air*) (1) untuk kebutuhan pembakaran gas (*producer gas*) untuk menghasilkan energi panas yang digunakan untuk tujuan yang lebih lanjut. Prototipe tungku yang telah difabrikasi seperti terlihat pada GAMBAR 1 1 dan Gambar 2 berikut ini.



GAMBAR 1. The Gas Stove Schematic Diagram (in cm)



GAMBAR 2. The Gas Stove Prototype

Bahan dan Peralatan Penelitian

Biomassa pilihan; potongan kayu, batok kelapa, cangkang kemiri, dan tongkol jagung yang tersedia disekitar lokasi penelitian digunakan sebagai biomassa uji dalam penelitian ini. Jenis biomassa ini paling banyak digunakan untuk keperluan rumah tangga didaerah pinggiran kota Medan. Bentuk fisik biomassa tersebut seperti pada Gambar 3 berikut ini.



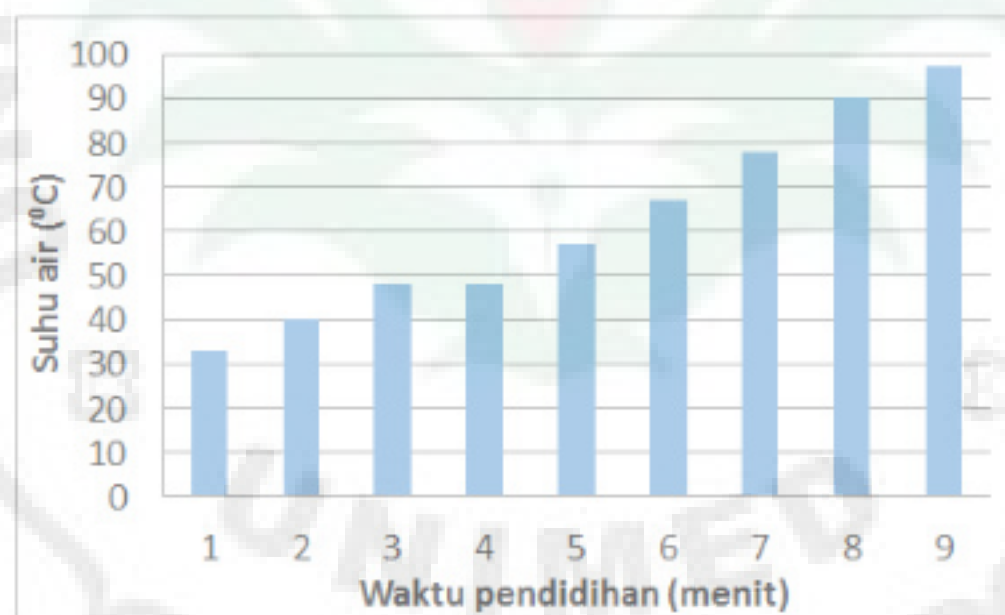
GAMBAR 3. Biomass Feedstock

Prosedur dan Parameter Pengujian

Dalam memulai operasi sebuah reaktor tungku gasifikasi, *start-up heating* atau pemanasan awal reaktor sebelum proses gasifikasi menjadi sangat penting terkait dengan energi dan waktu yang diperlukan untuk mencapai temperatur yang memadai untuk sebuah proses gasifikasi. Dalam penelitian ini pemanasan awal dilakukan dengan menggunakan arang kayu. Sejumlah bahan bakar ini dimasukkan kedalam tungku bersamaan dengan arang kayu, tepatnya diatas grate, lalu dibakar dengan menggunakan korek api. Proses pemanasan terus berlangsung dan panas dari pembakaran arang kayu akan menaikkan temperatur tungku hingga mencapai kondisi yang sesuai untuk proses gasifikasi. Temperatur diukur menggunakan termokopel dan dibaca menggunakan termometer digital. Setelah temperatur tercapai maka proses gasifikasi dimulai, suplai udara untuk proses gasifikasi (Q_a) diatur dan diukur menggunakan *anemometer* serta massa biomassa (M_b) hingga perbandingan yang sesuai untuk proses gasifikasi.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

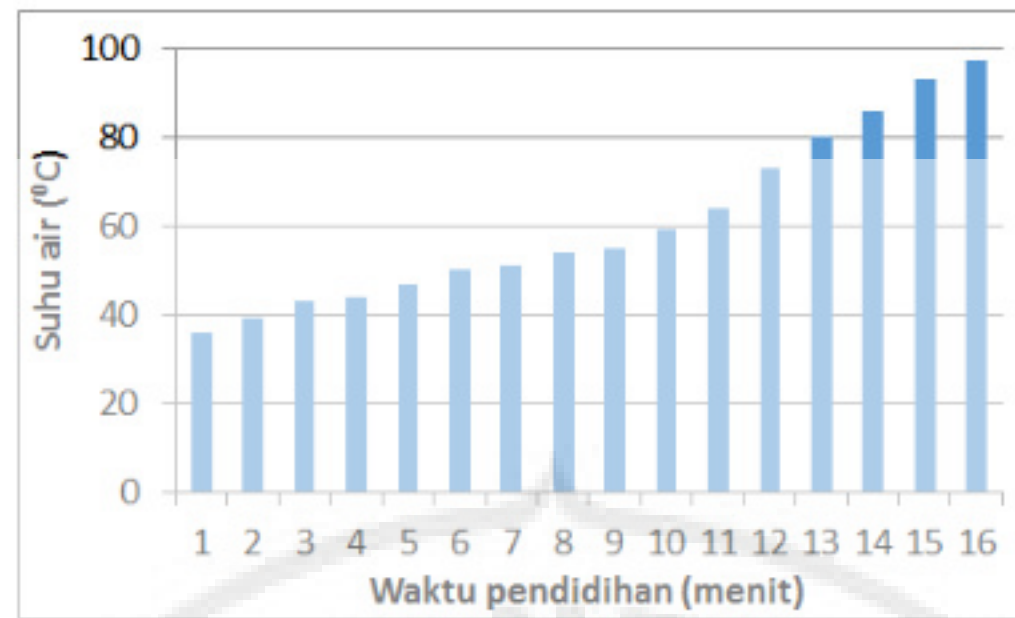
Untuk mengevaluasi performansi tungku gasifikasi dilakukan metode pengujian pendidihan air atau *water boiling test* (WBT), dimana setelah gas dapat terbakar (*producer gas*) timbul yang ditandai dengan munculnya api dari dalam tungku, maka sejumlah massa air (m_w) didalam ketel diletakkan diatas tungku untuk mendidihkan air didalam ketel. Metode ini sudah digunakan untuk mengevaluasi peralatan-peralatan pembakaran (*combustor*) [18]. Untuk mengevaluasi performansi tungku gasifikasi, maka data-data yang diperlukan dicatat seperti temperature flame (T_f), waktu yang diperlukan untuk mendidihkan air (t_{boil}). Pengaruh parameter operasional pengujian terhadap kinerja tungku berdasarkan waktu pendidihan dievaluasi. Grafik berikut menjelaskan lama waktu pendidihan dengan menggunakan biomassa uji.



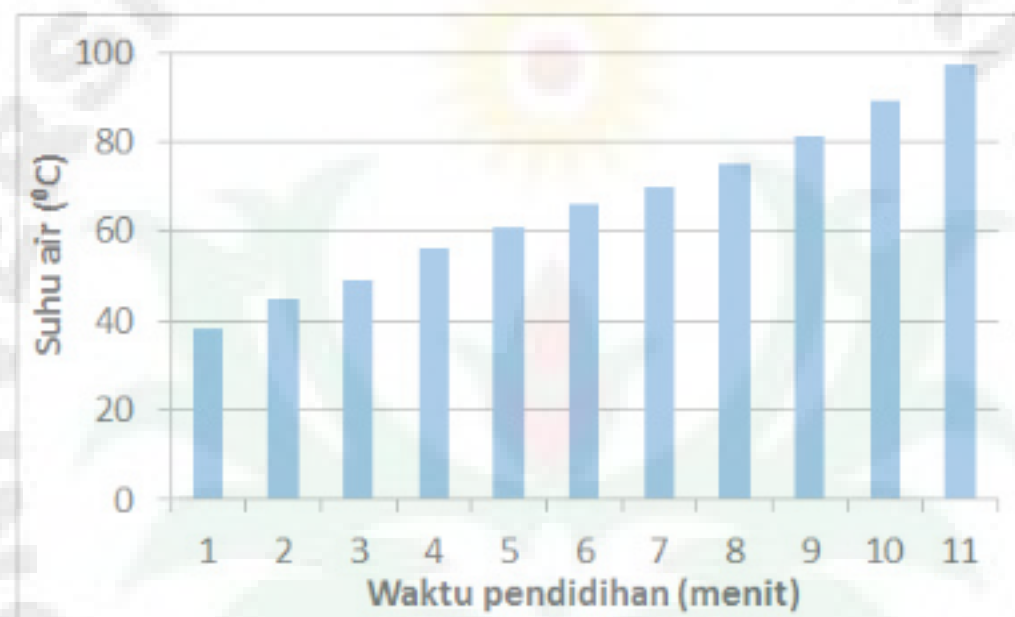
GAMBAR 3. Lama Waktu Pendidihan Menggunakan Potongan Kayu



GAMBAR 4. Lama Waktu Pendidihan Menggunakan Batok Kelapa



GAMBAR 6. Lama Waktu Pendidihan Menggunakan Cangkang Kemiri



GAMBAR 5. Lama Waktu Pendidihan Menggunakan Tongkol Jagung

Dari grafik-grafik diatas terlihat bahwa gasifikasi potongan kayu mendidihkan air lebih cepat dibandingkan dengan biomassa yang lain. Hal ini sesuai dengan yang ditemukan oleh Raman dkk. [6] dalam pengujian tungku menggunakan biomassa berbasis kayu dan cangkang kelapa. Raman menemukan bahwa efisiensi tungku menggunakan kayu lebih besar dibandingkan dengan menggunakan cangkang kelapa.

REFERENSI

1. Barten, H., *International Energy Agency*. 2005.
2. Bank, W., *Houshold Cookstoves, Envrioment, Health, and Climate Change: a New Look At An Old Problem*. 2011, Tech. rep., The World Bank.
3. Indonesia, S.E.E., *Pusat Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral*. 2004, Jakarta.
4. Jetter, J.J. and P. Kariher, *Solid-Fuel Household Cook Stoves: Characterization of Performance and Emissions*. *Biomass and Bioenergy*, 2009. **33**(2): p. 294-305.
5. Bhattacharya, S., D. Albina, and P.A. Salam, *Emission Factors of Wood and Charcoal-Fired Cookstoves*. *Biomass and Bioenergy*, 2002. **23**(6): p. 453-469.
6. Raman, P., et al., *Performance Evaluation of Three Types of Forced Draft Cook Stoves Using Fuel Wood and Coconut Shell*. *Biomass and Bioenergy*, 2013. **49**: p. 333-340.
7. Roy, M.M. and K.W. Corscadden, *An Experimental Study of Combustion and Emissions of Biomass Briquettes In A Domestic Wood Stove*. *Applied Energy*, 2012. **99**: p. 206-212.
8. Ahiduzzaman, M. and A.S. Islam, *Development of Biomass Stove For Heating Up Die Barrel of Rice Husk Briquette Machine*. *Procedia Engineering*, 2013. **56**: p. 777-781.
9. Febriansyah, H., et al., *Gama Stove: Biomass Stove For Palm Kernel Shells in Indonesia*. *Energy Procedia*, 2014. **47**: p. 123-132.

10. Johnson, M.A., et al., *Impacts on Household Fuel Consumption From Biomass Stove Programs in India, Nepal, and Peru*. *Energy for Sustainable Development*, 2013. **17**(5): p. 403-411.
11. Semmens, E.O., et al., *Indoor Particulate Matter In Rural, Wood Stove Heated Homes*. *Environmental research*, 2015. **138**: p. 93-100.
12. L'Orange, C., J. Volckens, and M. DeFoort, *Influence of Stove Type and Cooking Pot Temperature on Particulate Matter Emissions From Biomass Cook Stoves*. *Energy for Sustainable Development*, 2012. **16** (4): p. 448-455.
13. Bridgwater, A., D. Meier, and D. Radlein, *An Overview of Fast Pyrolysis of Biomass*. *Organic geochemistry*, 1999. **30**(12): p. 1479-1493.
14. Bridgwater, A.V., *Renewable Fuels and Chemicals By Thermal Processing of Biomass*. *Chemical Engineering Journal*, 2003. **91**(2): p. 87-102.
15. Caballero, M.A., et al., *Biomass Gasification With Air In Fluidized Bed. Hot Gas Cleanup With Selected Commercial and Full-Size Nickel-Based Catalysts*. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 2000. **39**(5): p. 1143-1154.
16. Digman, B., H.S. Joo, and D.-S. Kim, *Recent Progress In Gasification/Pyrolysis Technologies For Biomass Conversion to Energy*. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 2009. **28**(1): p. 47-51.
17. Panwar, N. and N. Rathore, *Design and Performance Evaluation of a 5 kW Producer Gas Stove*. *Biomass and Bioenergy*, 2008. **32**(12): p. 1349-1352.
18. Bailis, P.R., et al., *The Water Boiling Test (WBT)*. 2007.

