



Kinerja Kompor Gasifikasi PP-Plus Berbahan Bakar Limbah Sawit

Saut Melky Joel, Zulfansyah*, Muhammad Iwan Fermi

Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau

Kampus Binawidya Jl. HR Subrantas Km. 12,5 Pekanbaru 28293

zulfansyah@unri.ac.id

ABSTRAK

Energi untuk kebutuhan memasak sektor rumah tangga di Indonesia masih bergantung pada *liquified petroleum gas* (LPG) dan minyak tanah. Permasalahan distribusi dan sifat bahan bakar yang tidak dapat diperbaharui menyebabkan dibutuhkan energi alternatif. Limbah sawit merupakan bahan bakar yang potensial sebagai alternatif (pelepah, tandan kosong dan cangkang sawit). Dengan kompor gasifikasi, penggunaan limbah sawit lebih efisien dan ramah lingkungan. Penelitian ini dilakukan untuk melihat pengaruh variasi bahan bakar dan ukuran bahan bakar terhadap kinerja kompor PP-Plus dengan menggunakan analisa *water boiling test* (WBT). Efisiensi termal yang dihasilkan 8.25-34.44% dengan waktu *start up* dan waktu operasi maksimal mencapai 3.45 menit dan 31.5 menit. Penggunaan limbah sawit pada kompor PP-Plus menghasilkan *firepower* 2.85-6.94 kWth. Nyala api mampu mencapai suhu hingga 782°C dengan bahan bakar pelepah sawit. Hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh variabel proses terhadap kinerja kompor gasifikasi PP-Plus

Kata Kunci : PP-Plus, kompor gasifikasi, limbah sawit.

1. Pendahuluan

Energi untuk kebutuhan memasak di sektor rumah tangga Indonesia masih bergantung pada *liquified petroleum gas* (LPG) dan minyak tanah. Penggunaan LPG dan minyak tanah lebih disukai karena lebih praktis. Namun, LPG dan minyak tanah belum terdistribusi ke seluruh daerah khususnya di pedesaan dan harga yang semakin meningkat. Selain itu, program konversi LPG ke minyak tanah belum berhasil di beberapa daerah sehingga menyebabkan kelangkaan bahan bakar. Kemudian LPG dan minyak tanah yang bersumber dari minyak bumi semakin menipis

karena tidak dapat diperbarui. Sehingga dibutuhkan bahan bakar alternatif untuk memenuhi kebutuhan memasak di sektor rumah tangga.

Biomassa adalah sumber daya alam yang dapat diperbaharui dan berpotensi sebagai bahan bakar alternatif. Salah satu sumber biomassa berasal dari agroindustri seperti limbah sawit. Pada tahun 2009 potensi biomassa limbah sawit di Riau diperkirakan sebesar 28,18 juta ton dan akan semakin bertambah seiring meningkatnya luas perkebunan sawit [1], [2]. Selama ini, biomassa limbah sawit belum dimanfaatkan secara optimal. Biasanya hanya dibiarkan



menumpuk di lahan perkebunan atau terbatas dimanfaatkan untuk kebutuhan bahan bakar pada pabrik *crude palm oil* (CPO).

Kompur gasifikasi merupakan teknologi pemanfaatan biomassa untuk keperluan memasak. Pada kompor gasifikasi terjadi proses konversi termo-kimia biomassa sehingga menghasilkan gas mudah terbakar berupa karbonmonoksida (CO), hidrogen (H₂) dan metana (CH₄). Pembakaran gas mudah terbakar pada kompor gasifikasi lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan pembakaran pada kompor tradisional karena hanya sedikit emisi CO yang dihasilkan [3]. Keunggulan lain dari kompor gasifikasi adalah mampu menghasilkan efisiensi termal hingga 35% sehingga penggunaan biomassa dapat lebih hemat [4]. Oleh karena itu, kompor gasifikasi dapat dijadikan teknologi pemanfaatan biomassa sebagai energi terbarukan yang efisien dan ramah lingkungan.

Beberapa faktor yang mempengaruhi kinerja kompor gasifikasi yaitu, sistem pasokan udara dan jenis biomassa. Sistem pasokan udara kompor gasifikasi dibedakan menjadi dua tipe, yaitu *natural draft* dan *forced draft* [5]. Kompur gasifikasi tipe *forced draft* menggunakan kipas untuk meningkatkan laju alir udara gasifikasi sehingga membutuhkan daya untuk mengoperasikannya, sedangkan *natural draft* tidak membutuhkan daya tambahan untuk mengoperasikannya. Sementara itu, semakin besar jumlah energi dalam biomassa menyebabkan semakin besar efisiensi termal yang dihasilkan oleh kompor gasifikasi [4].

Evaluasi kinerja kompor gasifikasi berbahan bakar sekam padi dengan tipe *forced draft* dengan efisiensi termal mencapai 12-13% pada temperatur nyala api 465-610⁰C [3]. Sedangkan evaluasi kinerja kompor gasifikasi tipe *natural draft*, menghasilkan efisiensi termal mencapai 35% dan temperatur nyala api lebih dari 760⁰C dengan bahan bakar briket serbuk kayu [4]. Kemudian evaluasi kinerja kompor PP-Plus, yang merupakan salah satu tipe kompor *natural draft*, dengan menggunakan beberapa biomassa seperti tongkol jagung, biji jarak,

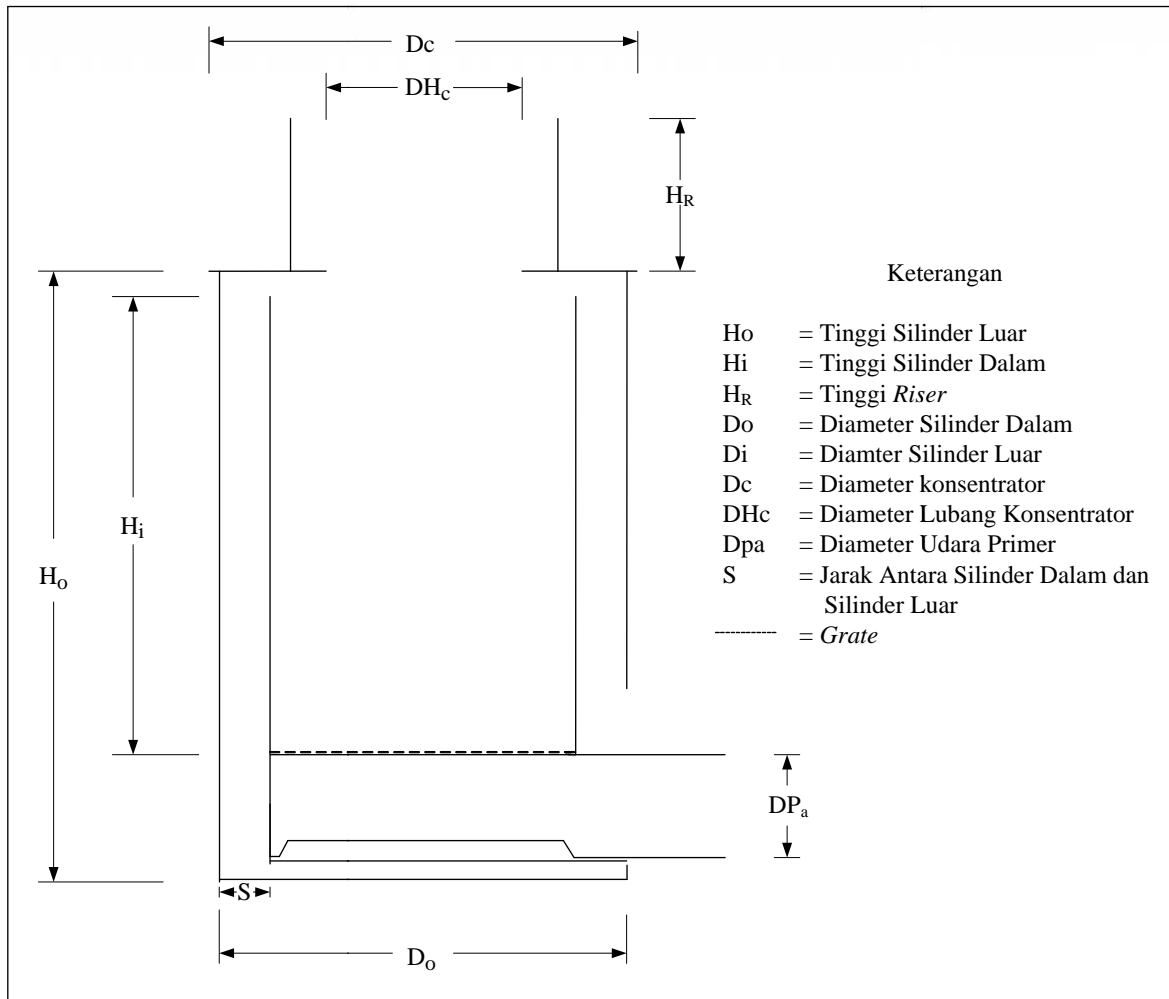
ilalang dan kayu menghasilkan efisiensi termal mencapai 18.64% [6]. Keunggulan utama dari kompor PP-Plus yaitu dapat beroperasi menggunakan berbagai jenis bahan bakar karena memiliki desain yang spesifik yaitu adanya konsentrator yang berfungsi untuk meningkatkan kecepatan nyala api. Umumnya desain kompor gasifikasi disesuaikan untuk jenis bahan bakar yang berpotensi di daerah setempat. Sehingga perlu dilakukan evaluasi kinerja kompor gasifikasi menggunakan berbagai jenis bahan bakar limbah sawit seperti pelepah sawit, tandan sawit dan cangkang sawit. Penelitian ini dilakukan untuk mempelajari gasifikasi pada kompor PP-Plus dengan variasi bahan bakar dan ukuran bahan bakar terhadap kinerja kompor gasifikasi PP-Plus.

2. Metodologi

Bahan bakar yang digunakan pada penelitian kompor gasifikasi PP-Plus adalah tandan kosong, cangkang dan pelepah sawit. Bahan bakar dijemur dengan panas matahari terlebih dahulu untuk mengurangi kadar air. Proses penjemuran dilakukan sampai berat bahan bakar konstan. Sejumlah sampel bahan bakar diambil untuk mengetahui kadar air tersisa pada bahan bakar. Kemudian dilakukan pemvariasian ukuran bahan bakar.

Alat yang akan digunakan pada penelitian ini adalah kompor gasifikasi PP-Plus yang terdiri dari silinder luar, silinder dalam dan konsentrator. Dimensi kompor mengikuti rancangan yang didisain [7] seperti terlihat pada Gambar 1. Silinder luar berdiameter 20 cm, dan tinggi 30 cm sedangkan silinder dalam berdiameter 15 cm dengan tinggi 25 cm. Diameter konsentrator ± 20 cm dan di tengah konsentrator dipasang *riser* dengan tinggi 10 cm dan diameter 12 cm. Pada silinder luar dibuat celah dengan ukuran 10 cm × 8 cm sebagai lubang udara pipa udara primer. Panjang pipa udara primer 10 cm dengan diameter 5 cm.

Analisa *water boiling test* [8] digunakan untuk mengetahui kinerja kompor gasifikasi PP-Plus. Analisa WBT



Gambar 1. Kompur Gasifikasi PP-Plus

meliputi 2 fase yaitu *high power* dan *low power*. Fase *high power* dilakukan dalam dua kondisi kompor yaitu *cold start* dan *hot start*. Sedangkan fase *low power (simmering)* dilakukan dengan mengatur nyala api kecil sehingga menjaga suhu air $\pm 3^{\circ}\text{C}$ dibawah suhu didih.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Densitas Unggun Bahan Bakar

Ukuran biomassa pada penelitian ini divariasikan menjadi 3, namun untuk cangkang sawit hanya divariasikan menjadi 2 ukuran. Tandan kosong sawit divariasikan berdasarkan potongan spiklet menjadi ± 2 cm, 4 cm dan 6 cm. Pelepah sawit divariasikan menjadi ± 2 cm, 4 cm dan 6 cm dengan tebal potongan $\pm 1-1.5$ cm. Cangkang sawit

divariasikan dengan ukuran <0.5 cm dan 0.5-1 cm. Semua variasi bahan bakar dengan masing-masing ukuran tersusun secara acak kedalam kompor gasifikasi. Ukuran maksimal cangkang sawit umumnya hanya ± 1 cmdengan densitas unggun mencapai 0.39-0.5 gram/cm³. Pada penelitian ini variasi 3 ukuran tidak dilakukan karena pada dasarnya bahan bakar cangkang sawit sangat sulit untuk dinyalakan. Oleh sebab itu variasi ukuran cangkang hanya untuk ukuran <0.5 cm dan 0.5-1 cm. Cangkang dengan ukuran <0.5 cm menghasilkan densitas unggun sekitar 0.4 gram/cm³, namun dengan ukuran ini kompor PP-Plus tidak dapat dioperasikan. Kecilnya porositas pada unggun cangkang ukuran <0.5 cm sangat menyulitkan udara primer melewati unggun sehingga gasifikasi tidak terjadi. Selain



itu tinggi unggun cangkang pada kompor tidak bisa diisi penuh karena tinggi unggun semakin memperbesar resistansi terhadap aliran udara primer.

Kompor PP-Plus dengan cangkang sawit berukuran 0.5-1 cm hanya bisa dioperasikan pada tinggi unggun maksimal 13 cm dengan densitas unggun 0.39 gram/cm³. Waktu *start up* yang diperlukan adalah 3- 5 menit. Namun, dengan tinggi unggun 13 cm kompor menghasilkan nyala api yang cenderung kecil dan tidak mampu mendidihkan 2.5 liter air. Besarnya resistansi oleh unggun terhadap aliran udara primer mengakibatkan jumlah gas yang dihasilkan juga sedikit sehingga nyala api pun menjadi kecil. Waktu operasi dengan tinggi unggun 13 cm adalah 40-56 menit, namun tidak semua cangkang yang tergasifikasi. Proses gasifikasi mengubah bahan bakar padat menjadi gas dan menyisakan arang dengan ukuran yang semakin kecil dari ukuran bahan bakar semula. Tumpukan arang hasil gasifikasi menjadikan unggun semakin rapat sehingga gas-gas pirolisis dari bahan bakar paling bawah semakin sulit untuk melewati tumpukan arang. Sulitnya gas-gas pirolisis melewati tumpukan arang mengakibatkan nyala api yang dihasilkan menjadi kecil atau dengan sendirinya nyala menjadi padam.

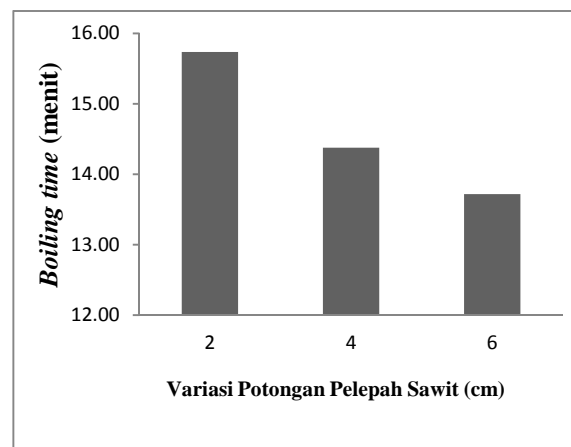
Pada penelitian ini tinggi unggun untuk cangkang sawit yang berukuran 0.5-1 cm adalah 11 cm dengan densitas unggun 0.39 gram/cm³. Sedangkan untuk cangkang dengan ukuran <0.5 cm tidak dilakukan analisa WBT karena cangkang sangat sulit dinyalakan dengan ukuran kecil walaupun tinggi unggunnya rendah. Dengan densitas unggun 0.5 gram/cm³, cangkang dengan ukuran <0.5 cm hanya bisa menyala dengan tinggi unggun 6 cm. Pelepeh sawit dan TKS dioperasikan pada kompor PP-Plus dengan tinggi unggun 19 cm atau 2 cm lebih rendah dari tinggi ruang bakar. Variasi pelepeh sawit dengan ukuran potongan 2 cm, 4 cm dan 6 cm menghasilkan densitas unggun masing-masing 0.280 gr/cm³, 0.250 gr/cm³ dan 0.225 gr/cm³. Sedangkan variasi TKS berukuran 2 cm, 4 cm dan 6 cm memiliki densitas unggun 0.98 gr/cm³, 0.88 gr/cm³ dan 0.78 gr/cm³.

3.2. Kinerja Kompor Gasifikasi PP-Plus

3.2.1 Waktu *Start up* dan *Boiling time*

Start up kompor gasifikasi PP-Plus dilakukan dengan minyak tanah ±5-7 ml sebagai material utama pemicu gasifikasi. *Start up* kompor umumnya masih menghasilkan sedikit asap namun apabila nyala gas dari kompor mulai konstan, maka hasil pembakaran kompor tidak menimbulkan asap. Variasi bahan bakar TKS, pelepah dan cangkang menunjukkan perbedaan lamanya waktu *start up* yaitu 1.07, 3.21 dan 2.75 menit. Waktu *start up* kompor PP-Plus cenderung meningkat dengan bahan bakar yang memiliki densitas unggun yang juga semakin besar [6]. Variasi ukuran tidak menunjukkan perbedaan waktu *start up* yang signifikan. Variasi ukuran TKS membutuhkan waktu untuk *start up* 1-1.5 menit sedangkan untuk pelepah 2.98 hingga 4.5 menit.

Boiling time dengan bahan bakar limbah sawit antara 9.3 hingga 18.37 menit. TKS cenderung tidak mampu mendidihkan 2.5 air dibandingkn bahan bakar cangkang dan pelepah, namun TKS dengan ukuran potongan 2 cm mendidihkan air dengan waktu tercepat. Sedangkan variasi ukuran TKS yang lain hanya mampu memanaskan air hingga 85°C. Pengaruh Variasi ukuran bahan bakar terhadap *boiling time* hanya terlihat pada pelepah sawit seperti yang terlihat pada Gambar 2



Gambar 2. Variasi Ukuran Pelepah terhadap BoilingTime



3.2.2 Laju Konsumsi Bahan Bakar dan Fire Power.

Laju konsumsi bahan bakar dihitung dengan persamaan

$$r_b = \frac{f_d}{t_i - t_f} \quad (1)$$

dimana r_b adalah laju konsumsi bahan bakar, f_d adalah konsumsi bahan bakar equivalen sedangkan t_i adalah waktu mula-mula dan t_f waktu akhir. F_d dihitung dengan persamaan berikut

$$f = f_m \times (1 - (1.12 \times m)) - 1.5 \times \Delta C \quad (2)$$

dimana f_m adalah bahan bakar yang terkonsumsi sedangkan ΔC adalah berat arang yang dihasilkan, dan m adalah kadar air bahan bakar. f_m dihitung dengan persamaan

$$f_m = f_i - f_f \quad (3)$$

dimana f_i adalah berat bahan bakar awal dan f_f adalah berat bahan bakar setelah WBT. Firepower dihitung dengan persamaan

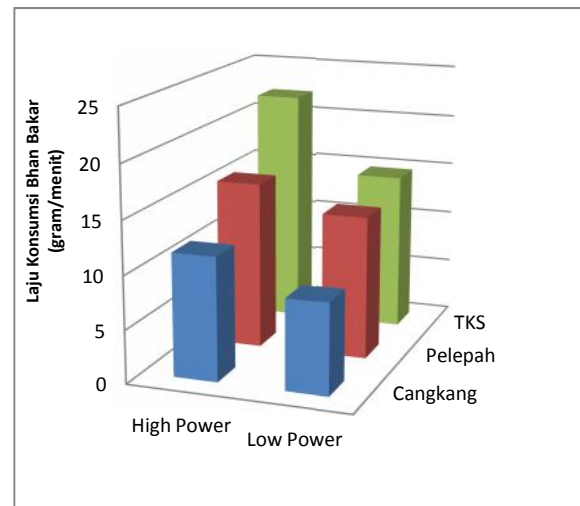
$$FP = \frac{f_{cd} \times LHV}{60 \times (t_{ci} - t_{cf})} \quad (4)$$

Rata-rata laju konsumsi bahan bakar pada fase *high power* adalah 16.5 gram/menit dan rata-rata laju konsumsi bahan bakar pada fase *low power* adalah 12.22 gr/menit. Laju konsumsi bahan bakar dapat terlihat pada Gambar 3. Analisa WBT pada fase *high power* dilakukan dengan mendidihkan air sedangkan fase *low power* dirancang untuk menguji kemampuan kompor dengan nyala api kecil [8].

Fase *low power* dilakukan dengan menutup sebagian besar lubang udara primer agar nyala gas yang dihasilkan menjadi lebih kecil dan dijaga sehingga suhu air $\pm 3^{\circ} C$ dibawah suhu didih air. Penutupan sebagian lubang udara primer mengakibatkan berkurangnya laju konsumsi bahan bakar pada fase *low power*.

Profil rata-rata *firepower* dari masing-masing bahan bakar dengan fase *high power*

dan *low power* cenderung sama dengan profil laju konsumsi bahan bakar. Dari Gambar 2 terlihat bahwa fase *low power* menghasilkan *firepower* cenderung lebih rendah dari fase *high power*. *Fire power* rata-rata fase *high power* dan *low power* adalah 5.06 kWth dan 3.73 kWth. Pada fase *high power*, kompor menghasilkan *firepower* 3.88 kWth, 4.36kWth dan 6.94 kWth dengan bahan bakar cangkang, pelepah dan TKS. Sedangkan pada fase *low power* menghasilkan *fire power* 2.85 kWth, 3.71 kWth dan 4.63 kWth. Dari Gambar 2 dan Gambar 3 dapat dibandingkan sehingga terlihat bahwa semakin besar laju konsumsi bahan bakar maka semakin besar *firepower* kompor.



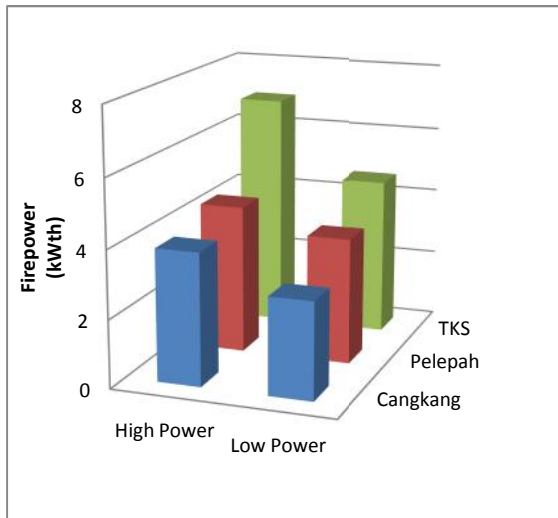
Gambar. 3 Laju Konsumsi Bahan Bakar Kompor PP-Plus dengan Beberapa Variasi Bahan Bakar

Variasi bahan bakar juga berpengaruh terhadap laju pembakaran dan *firepower*. Dari Gambar dan Gambar terlihat perbedaan laju konsumsi dan *firepower* bahan bakar masing-masing bahan bakar. Cangkang memiliki laju konsumsi bahan bakar dan *firepower* yang lebih kecil dibandingkan pelepah dan TKS. Kecenderungan kecilnya laju konsumsi dan *firepower* cangkang terlihat pada kedua fase analisa, *high power* dan *low power*. Densitas unggun cangkang lebih besar dari pelepah dan TKS sehingga resistansi unggun terhadap aliran udara primer semakin besar. Dengan besarnya resistansi terhadap aliran udara primer maka semakin sedikit udara primer



untuk proses gasifikasi yang ditandai dengan semakin kecilnya laju pembakaran dan *firepower*. Sedangkan variasi bahan bakar terhadap laju konsumsi bahan bakar dan *firepower* dapat dilihat pada Gambar 4.

Laju konsumsi bahan bakar selama mendidihkan air menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan dengan variasi ukuran bahan bakar. Laju konsumsi TKS dengan ukuran 2 cm adalah 19.29 gr/menit, lebih lambat dibandingkan ukuran 4 cm dan ukuran 6 cm yaitu 24.7 gr/menit dan 22.47 gr/menit. Kecenderungan meningkatnya laju konsumsi bahan bakar pada peningkatan variasi ukuran juga disebabkan karena densitas unggun bahan bakar.



Gambar 4. *Firepower* Kompor PP-Plus dengan Variasi Bahan Bakar

Peningkatan laju konsumsi bahan bakar juga terjadi pada variasi pelepah. Laju konsumsi pelepah variasi I dengan ukuran potongan 2 cm adalah 16.44 gr/menit dan semakin meningkat pada ukuran 4 cm dan ukuran 6 cm yaitu 18.74 gr/menit dan 18.93 gr/menit.

3.2.3 Efisiensi Termal

Efisiensi termal dihitung dengan persamaan

$$h_c = \frac{4.186 \times (w_i) \times (T_f - T_i) + 2260 \times (w_v)}{f_{cd} \times LHV} \quad (5)$$

dimana w_i dan w_v adalah berat air awal dan uap air. sedangkan T_f dan T_i adalah suhu awal dan akhir.

Rata-rata efisiensi termal kompor PP-Plus berbahan bakar limbah sawit adalah 23.65% pada fase *high power* dan 16.75% pada fase *low power*. Sedangkan rata-rata efisiensi dengan variasi bahan bakar juga berbeda. Rata-rata efisiensi termal pada fase *high power* dengan bahan bakar TKS, pelepah dan cangkang adalah 27.20%, 22.3% dan 21.58%. Pada fase *low power*, kinerja kompor PP-Plus dengan bahan bakar TKS, pelepah dan cangkang menghasilkan efisiensi rata-rata 20.9%, 20.84% dan 8.5%. Efisiensi terendah fase *high power* kompor PP-Plus didapat dengan menggunakan bahan bakar pelepah pada ukuran 2 cm sebesar 21.21%. Sedangkan efisiensi tertinggi didapat dengan TKS pada ukuran 2 cm sebesar 34.44%. Efisiensi termal pada pelepah menunjukkan peningkatan dengan peningkatan variasi ukuran, namun pada TKS terjadi hal yang berbeda. Efisiensi termal pada pelepah semakin meningkat 2.14% dari variasi ukuran sebesar 21.21% ke variasi ukuran 6 cm menjadi 23.35%. Sedangkan pada bahan bakar TKS peningkatan ukuran dari 2 cm menjadi 6 cm justru menurunkan efisiensi termal sekitar 12% menjadi 22.47%. Penggunaan bahan bakar cangkang hanya menghasilkan efisiensi sebesar 21.58%. Perbedaan kecenderungan peningkatan dan penurunan efisiensi termal kemungkinan disebabkan karena unggun bahan bakar yang tersusun secara random (acak) sehingga kemungkinan *pressure drop* unggun juga tidak beraturan. Fase *low power* menghasilkan efisiensi terbesar dengan bahan bakar TKS pada variasi 6 cm yaitu 26.06%, sedangkan efisiensi terendah didapat dengan bahan bakar cangkang sawit sebesar 8.25%. Berbeda dengan fase *high power*, pengaruh peningkatan ukuran pelepah sawit pada fase *low power* cenderung menurunkan efisiensi termal. Variasi I dengan ukuran 2 cm menghasilkan efisiensi termal 22,26% dan menurun 2.51% menjadi 19.75% pada ukuran terbesar. Sedangkan peningkatan ukuran pada TKS cenderung meningkatkan efisiensi termal. TKS dengan ukuran 2 cm, 4 cm dan 6 cm menghasilkan efisiensi 19.84%, 16.8% dan 26,06%.



3.2.4 Nyala Api dan Waktu Operasi

Nyala api kompor PP-Plus pada penelitian ini mencapai suhu maksimal 782°C dengan menggunakan bahan bakar pelepah, sedangkan TKS dan cangkang 695 °C dan 672 °C. Variasi bahan bakar dengan tinjauan perbedaan nilai kalor, laju konsumsi bahan bakar dan densitas unggun tidak menunjukkan kecenderungan tertentu terhadap suhu maksimal nyala api. Bahan bakar cangkang dengan nilai kalor tertinggi dan laju konsumsi bahan bakar terendah justru menghasilkan suhu nyala api terkecil. Sedangkan pelepah dengan nilai kalor terkecil justru menghasilkan suhu nyala api yang tertinggi. Sedangkan variasi ukuran bahan bakar menunjukan perbedaan suhu nyala api. Potongan pelepah sawit dan TKS terkecil menghasilkan suhu nyala api paling tinggi dibandingkan dengan ukuran yang lebih besar.

Waktu operasi dengan variasi bahan bakar menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan. Rata-rata waktu operasi kompor PP-Plus dengan bahan bakar TKS adalah 8.3 menit, paling singkat dibandingkan bahan bakar lainnya. Penggunaan bahan bakar pelepah menghasilkan waktu operasi rata-rata selama 25.08 menit sedangkan bahan bakar cangkang cenderung lebih lama yaitu 31.5 menit.

Tabel 1 Data waktu Operasi dan Suhu Nyala Api Kompor PP-Plus

Bahan Bakar	Ukuran	Suhu Nyala Api (°C)	Waktu Operasi (Menit)
Pelepah	2 cm	782	30
	4 cm	755	24.5
	6 cm	721	20.75
TKS	2 cm	715	9.25
	4 cm	699	8.25
	6 cm	695	7.4
Cangkang	0.5-1 cm	672	31.51

Perbedaan waktu operasi dikarenakan jumlah bahan bakar yang termuat di dalam kompor juga berbeda-beda. Karakteristik bahan bakar yang berbeda menyebabkan

terjadi perbedaan jumlah bahan bakar yang termuat. Pada bahan bakar TKS, bentuk spiklet yang memiliki bagian menyerupai duri cenderung membutuhkan ruang yang besar bila ditumpuk menjadi unggun. Sedangkan potongan pelepah sawit menyerupai kayu sehingga pelepah sawit bisa dimuat lebih banyak dibandingkan TKS. Pada bahan bakar cangkang memiliki ukuran yang halus dan bisa termuat ke dalam kompor dengan jumlah yang banyak.

4. Kesimpulan

Penggunaan limbah sawit sebagai bahan bakar menunjukkan kinerja yang baik dengan waktu *start up* 1-3.45 menit *boiling time* dan waktu operasi 7.4-31.5 menit. Efisiensi termal kompor berada pada rentang 8-34.4%. Kinerja kompor gasifikasi PP-Plus dengan limbah sawit menunjukkan adanya pengaruh dari variasi bahan bakar dan ukuran bahan bakar. TKS menghasilkan waktu *start up* tercepat dan *firepower* terbesar. Sedangkan *boiling time* terlalu lama dengan menggunakan cangkang dan suhu nyala api tertinggi dihasilkan dengan menggunakan pelepah.

Peningkatan ukuran bahan bakar semakin mempercepat waktu *start up* dan *boiling time* serta mempersingkat waktu operasi. Sementara peningkatan ukuran bahan bakar menghasilkan peningkatan efisiensi pada penggunaan pelepah dan penurunan efisiensi dengan penggunaan TKS

Daftar Pustaka

- [1] Hayashi, K., 2007, Environmental Impact of Palm Oil Industry in Indonesia, *Proceedings of International Symposium on EcoTopia Science*, pp. 646-651.
- [2] BPS, 2010, *Riau Dalam Angka 2010*
- [3] Belonio, A.T., 2005, *Rice Husk Gas Stove Handbook*, Appropriate Technology Center, Department of Agriculture Engineering and Environmental Management, Collage of Agriculture, Central Philippine University, Iloilo City, Philippines.



Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia dan Musyawarah Nasional APTEKINDO 2012
The Challenge of Chemical Engineering Institutions in Product Innovation for a Sustainable Future

- [4] Panwar, N.L., 2009, Design and Performance Evaluation of Energy Efficient Biomass Gasifier Based Cookstove on Multi Fuels, *Mitig Adapt Strateg Glob Change*, vol.14, pp. 627-623.
- [5] Mukunda, H.S., Dasappa, S., Paul, P.J., Rajan, N.K.S., Yagnaraman, M., Kumar, D.R., Deogaonkar, M., 2010, Gasifier Stove-Science, Technology and Field Outreach, *Current Science*, vol.98, no 5, pp. 627-638.
- [6] Ariho, D., P. Tumutegyereize., K. Bechtel., 2011, Evaluation of the Energy Efficiencies of Commonly Available Biomass Fuel in Uganda in a "Champion-2008" Top Lit Updraft stove, <http://www.bioenergylist.org>, 26 Mei 2011.
- [7] Anderson, P.S., 2011, Construction Plans for the "Champion-2008" TLUD Gasifier CookStove, <http://www.bioenergylist.org>, 7 Juni 2011.
- [8] Bailis, R., D. Ogle, N. MacCarty, K.R Smith, dan Edwards, R., 2007, The Water boiling test, <http://ehs.sph.berkeley.edu>, 19 Januari 2011.

Diselenggarakan oleh:



Departemen Teknik Kimia
Fakultas Teknik Universitas Indonesia

Didukung oleh:

