

## STUDI PERFORMA TUNGKU GASIFIKASI BIOMASSA PADA BERBAGAI LAJU AWAL UDARA PRIMER

Fredy Surahmanto<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Program Master Teknik Mesin, Universitas Gadjah Mada,

<sup>2</sup>Jurusan Pendidikan Teknik Mesin, Universitas Negeri Yogyakarta

### Abstrak

Penggunaan energi di Indonesia meningkat pesat sejalan dengan pertumbuhan ekonomi dan penambahan penduduk, sementara itu akses energi yang handal dan terjangkau merupakan prasyarat utama untuk meningkatkan standar hidup masyarakat. Biomassa merupakan salah satu energi terbarukan yang berpotensi besar di Indonesia. Berdasarkan Statistik Energi Indonesia, diketahui bahwa potensi energi biomassa di Indonesia, mencapai 434,08 GWh. Tujuan penelitian ini adalah melakukan studi performa tungku gasifikasi biomassa tipe *inverted downdraft* pada kondisi: laju aliran udara primer bervariasi: 1 m/s; 1,5 m/s; 2,0 m/s; 3 m/s dan bahan bakar biomassa yang digunakan: sekam padi (*rice husk*) dan tatal kayu (*wood chips*), serta dengan melakukan pengujian terhadap performa tungku pembakaran konvensional menggunakan bahan bakar biomassa yang sama.

Penelitian dilakukan dengan terlebih dahulu melakukan uji pendidihan air menggunakan tungku gasifikasi biomassa, dengan kedua bahan bakar. Kemudian dilakukan pula pengujian pembakaran terhadap kedua bahan bakar tersebut dengan tungku pembakaran konvensional. Dalam pengujian ini dicari hubungan antara variasi laju udara primer terhadap beberapa parameter terkait performa tungku gasifikasi biomassa dan tungku pembakaran konvensional.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada gasifikasi sekam padi dan tatal kayu, seiring naiknya laju udara primer pada rentang ini: laju zona pembakaran, laju konsumsi bahan bakar, dan laju gasifikasi jenis cenderung meningkat. Namun demikian produksi *char* relatif sedikit terpengaruh. Pada gasifikasi sekam padi, temperatur pada periode pendidihan air, pada setiap laju udara primer yang diterapkan, lebih stabil dibandingkan dengan keempat pengujian lainnya. Semakin stabil temperatur pada periode pendidihan semakin baik efisiensinya. Baik pada pembakaran tatal kayu maupun sekam padi dihasilkan jelaga yang menjadi pencemar udara dan pengotor peralatan dan lingkungan di sekitarnya, yang tidak demikian halnya pada gasifikasi sekam padi maupun tatal kayu.

**Kata kunci:** biomassa, sekam padi, tatal kayu, gasifikasi, pembakaran.

### Abstract

*Energy consumption in Indonesia has been increasing fast in line with economic and population growth, while access of reliable and achievable energy is a main requirement for enhancing life quality of society. Biomass is one of renewable energy forms of high potency in Indonesia. According to Indonesian Energy Statistics, it's been being known, potency of biomass energy reached 434.08 GWh. This research is aiming at conducting study of biomass gasification stove performance of inverted downdraft type at various primary air speeds of 1.0 m/s, 1.5 m/s, 2.0 m/s, 3.0 m/s with rice husks and wood chips as fuels, and conducting study of conventional combustion stove performance with similar fuels.*

*This research previously conducted water boiling test by biomass gasification stove and then by conventional combustion with both fuels. Then, the relationships between primary air variation and parameters related to performance of those stoves were analyzed.*

*The results show that in the rice husks and wood chips gasification, in line with the increase of primary air speed at the applied range: combustion zone propagation rate, and fuel consumption rate tended to increase as well as specific gasification rate. However, the percentage of char produced was relatively getting small influence.*

*On the point of view of temperature stability during boiling period, rice husks gasification was the best of the other four fuel-use process. The more stable temperatures at boiling period support the better the efficiency. Both rice husks and wood chips combustion resulted in slagging which could be contaminants for surrounding equipments and environments, which did not as in the case of gasification.*

**Keywords:** biomass, rice husks, wood chips, gasification, combustion

## **1. Pendahuluan**

Energi mempunyai peranan penting dalam pencapaian tujuan sosial, ekonomi dan lingkungan untuk pembangunan berkelanjutan serta merupakan pendukung bagi kegiatan ekonomi nasional. Kebutuhan energi nasional diperkirakan meningkat dari 674 juta SBM (setara barel minyak) tahun 2002 menjadi 1680 juta SBM pada 2020, meningkat sekitar 2,5 kali lipat atau naik dengan laju pertumbuhan rerata tahunan sebesar 5,2 % [1]. Sementara itu, cadangan energi nasional semakin menipis apabila tidak ditemukan cadangan energi baru. Oleh karena itu, perlu dilakukan berbagai terobosan untuk mencegah terjadinya krisis energi.

Biomassa merupakan salah satu energi terbarukan yang berpotensi besar di Indonesia. Dalam Kebijakan Pengembangan Energi Terbarukan dan Konversi Energi Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, yang dimaksud biomassa adalah meliputi kayu, limbah pertanian/perkebunan/hutan, komponen organik dari industri dan rumah tangga. Biomassa dikonversi menjadi energi dalam bentuk bahan bakar cair, gas, panas, dan listrik. Teknologi konversi biomassa menjadi bahan bakar padat, cair dan gas antara lain teknologi pirolisis, esterifikasi, teknologi fermentasi dan digesti anaerobik (biogas). Teknologi konversi biomassa menjadi energi panas yang kemudian dapat diubah menjadi energi mekanis dan listrik, antara lain teknologi pembakaran dan gasifikasi [1]. Berdasarkan Statistik Energi Indonesia [2] diketahui bahwa potensi energi biomassa di Indonesia cukup besar, yaitu mencapai 434,08 GWh, terdiri dua besar potensi yaitu limbah kayu dan limbah sekam padi.

Gasifikasi merupakan konversi biomassa menjadi bahan bakar gas melalui pemanasan dalam media gasifikasi, seperti udara, oksigen atau uap. Tidak seperti dalam pembakaran, oksidasi sempurna dalam satu kali proses, gasifikasi mengubah energi kimiawi intrinsik karbon dalam biomassa menjadi gas mampu terbakar dalam dua tahap. Gas yang dihasilkan dapat distandardisasi dalam kualitas dan lebih mudah serta beragam dalam penggunaannya daripada biomassa dalam bentuk baku [3].

Gasifikasi terdiri baik proses biokimia maupun termokimia, yang pertama melibatkan mikroorganisme pada temperatur udara luar dalam kondisi anaerob. Sementara yang berikutnya menggunakan udara, oksigen atau uap pada temperatur  $> 800$  °C. Istilah 'gasifikasi' dalam studi ini hanya mengacu pada konversi termokimia biomassa.

## 2. Studi Pustaka

Reed dkk (1999) telah melakukan penelitian propertis pembakaran dan gasifikasi tatal kayu dengan tungku ” Turbo Stove ” . Tungku ini sederhana dan mudah dibuat serta dapat beroperasi dengan daya blower sebesar 3 W menghasilkan 1 – 3 KW<sub>thermal</sub> untuk memasak [4]. Pengujian tungku masak biomassa dilakukan pula oleh Suvarnakuta (2006) dengan bahan bakar sekam padi. Disimpulkan bahwa tungku ini memiliki kualitas sama dengan tungku LPG, dengan efisiensi termal mencapai 21,86 %, bahkan memiliki keuntungan dalam hal biaya operasi yang rendah dan ramah lingkungan [5]. Bhattacharya (1999), melakukan penelitian pada tungku gasifikasi tipe *cross-draft*. Tungku tersebut menggunakan bahan bakar tatal kayu, dapat beroperasi secara kontinyu dan praktis tanpa adanya asap. Efisiensi tertinggi mencapai 27% [6].

Wander dkk (2004) melakukan penelitian bahwa teknologi gasifikasi kayu dapat menghasilkan gas dapat dibakar dalam mesin pembakaran dalam, dengan syarat dibersihkan dulu. Dalam rangka untuk mengakses unjuk kerja proses gasifikasi residu kayu, berbagai macam gasifier dibuat. Gasifier ini, dengan kapasitas sekitar 12 kg/h, mempunyai resirkulasi gas internal, baru untuk tipe gasifier ini yang dapat membakar bagian gas yang dihasilkan untuk menaikkan temperatur reaksi gasifikasi. Melalui beberapa parameter yang diukur dalam eksperimen, keseimbangan massa dan energi dari gasifier dipelajari dan ditentukan pula efisiensinya [7].

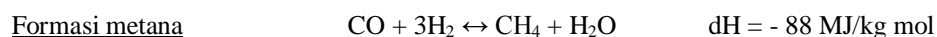
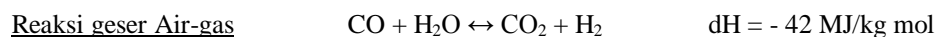
Ramirez dkk (2006) telah mengembangkan metodologi praktis desain fluidized bed gasifier untuk sekam padi, dalam rangka memberikan nilai tambah energi sampah padat pertanian. Peralatan gasifier mempunyai ruang reaksi dengan diameter dalam 0,3 m dan tinggi 3 m, didesain berdasarkan informasi eksperimental dan teoretis yang tersedia dalam literatur dan pengalaman terdahulu kelompok riset. Suatu prosedur desain dikembangkan untuk tiap-tiap bagiannya sedemikian hingga menghasilkan daya 70 kW [8].

## 3. Dasar Teori

Reaksi yang terjadi dalam gasifier dapat dirangkum seperti berikut:

<u>Oksidasi parsial</u>	$C + \frac{1}{2} O_2 \leftrightarrow CO$	$dH = - 268 \text{ MJ/kg mol}$
<u>Oksidasi sempurna</u>	$C + O_2 \leftrightarrow CO_2$	$dH = - 406 \text{ MJ/kg mol}$
<u>Reaksi Air-gas</u>	$C + H_2O \leftrightarrow CO + H_2$	$dH = + 118 \text{ MJ/kg mol}$

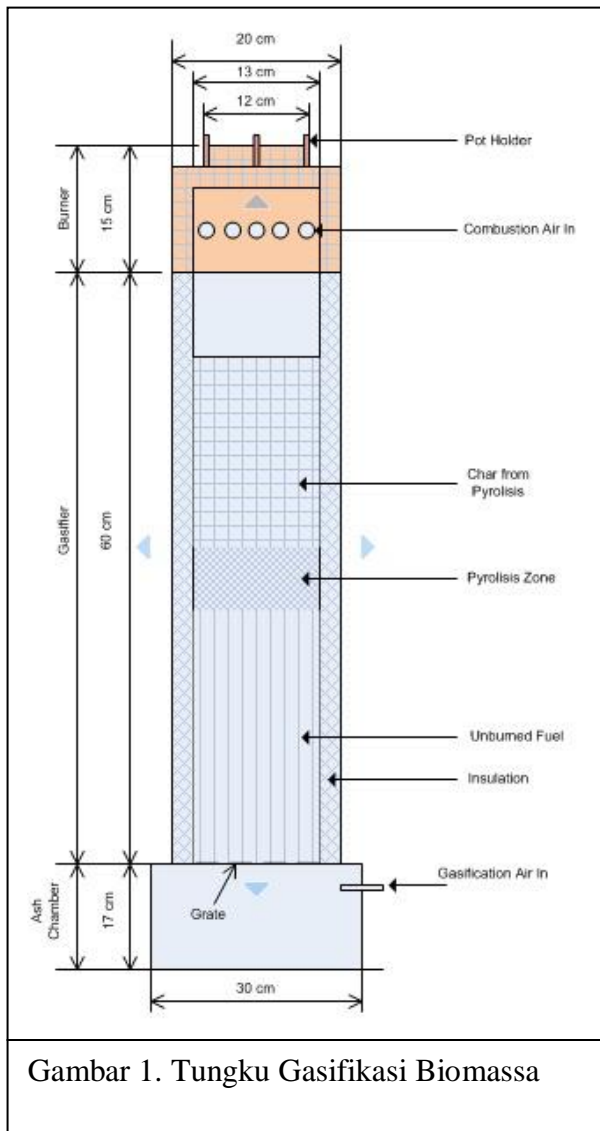
Reaksi kalor dari tiga proses tersebut menunjukkan bahwa pelepasan energi terbesar diturunkan dari oksidasi sempurna karbon menjadi karbon dioksida (pembakaran). Sementara itu, oksidasi parsial karbon menjadi karbon monoksida terhitung sekitar 65% dari energi yang dilepaskan selama proses oksidasi sempurna. Tidak seperti pembakaran yang menghasilkan hanya gas panas, maka karbon monoksida, hidrogen dan uap dapat mengalami reaksi lebih lanjut selama gasifikasi sebagai berikut:



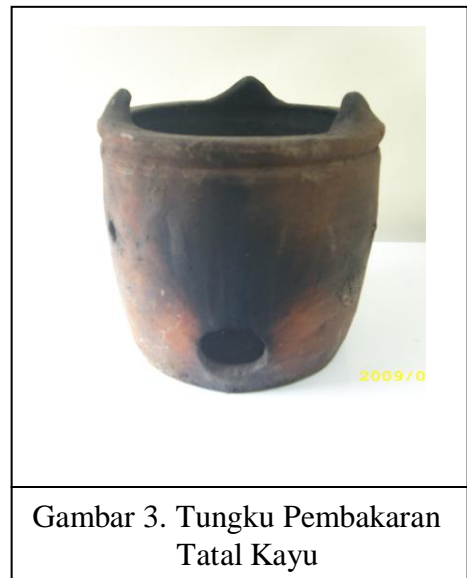
Anak panah mengindikasikan bahwa reaksi dalam kesetimbangan dan dapat diproses dalam kedua arah, bergantung pada temperatur, tekanan dan konsentrasi suku-suku reaksinya. Gas hasil gasifikasi terdiri dari campuran karbon monoksida, karbon dioksida, metana, hidrogen dan uap air.

#### 4. Metode Penelitian

##### a. Alat Pengujian



Gambar 2. Tungku Pembakaran Sekam Padi



Gambar 3. Tungku Pembakaran Tatal Kayu

##### b. Langkah Pengujian

Dalam penelitian ini dilakukan studi performa tungku gasifikasi biomassa tipe *inverted downdraft* pada kondisi: Laju aliran udara primer bervariasi: 1 m/s; 1,5 m/s; 2,0 m/s; 3 m/s. Bahan bakar biomassa digunakan: sekam padi dan tatal kayu serta melakukan pengujian terhadap performa tungku pembakaran konvensional dengan bahan bakar biomassa yang sama. Pengujian gasifikasi dilakukan 6 (enam) kali untuk tiap jenis biomassa dengan variasi laju aliran udara primer (udara gasifikasi) bervariasi tersebut, dengan asumsi laju aliran udara sekunder (udara pembakaran) adalah tetap. Berikut ini adalah langkah-langkah dalam pengujian tungku gasifikasi biomassa:

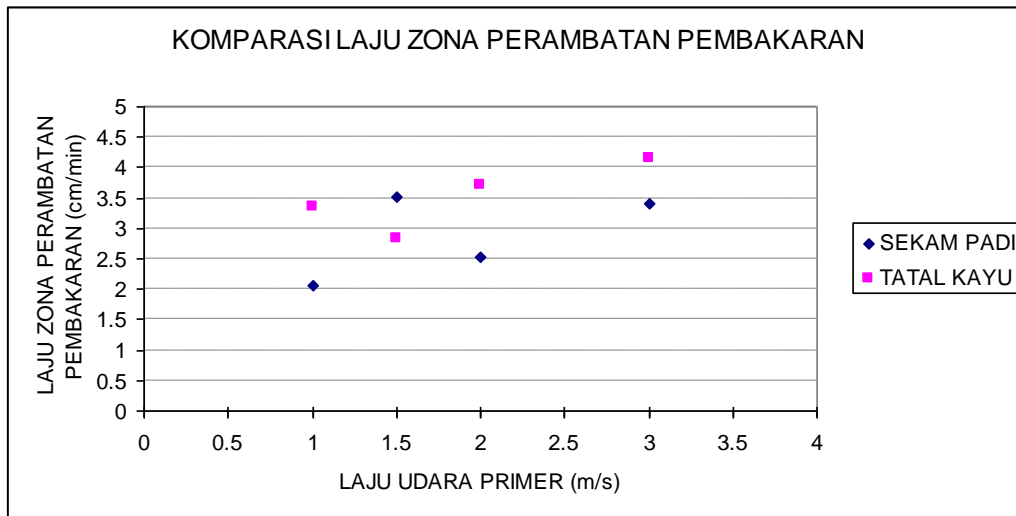
1. Memastikan tungku dalam kondisi siap dioperasikan.
2. Menyiapkan bahan bakar biomassa: sekam padi dan tatal kayu, pada kondisi fisik tertentu dan padanya dilakukan pengukuran propertisnya, meliputi penentuan nilai kalor dan analisis proksimasi.
3. Menyiapkan peralatan uji: neraca digital untuk mengukur bobot bahan bakar maupun air, termometer untuk mengukur temperatur air dan *stop watch* untuk mengukur waktu.
4. Mengukur bobot bahan bakar yang hendak dimuatkan ke dalam reaktor.
5. Menyiapkan air yang hendak direbus, selanjutnya: mengukur bobotnya dan mengukur temperatur awalnya.
6. Menyalakan bahan bakar pada reaktor dan mengukur waktu *start-up*.
7. Menyalakan gas yang dipancarkan dari *burner* dan mengukur waktu sampai pembakaran spontan terjadi.
8. Mengisi panci dengan air yang sudah disiapkan. Panci diletakkan di atas burner. Mencatat waktu pada saat panci diletakkan
9. Menunggu sampai air mendidih. Mencatat waktu pada saat air dalam panci mulai mendidih. Mencatat temperatur air tiap 30 detik sampai tercapai titik didihnya.
10. Melanjutkan pendidihan air sampai bahan bakar dalam reaktor terkonsumsi semua dan tidak dihasilkan lagi gas mampu bakar. Mencatat waktu operasi tungku dari mulai pengapian sampai tidak dihasilkannya gas mampu-bakar. Mencatat bobot atau volume air yang tertinggal dalam panci pada akhir pengujian.
11. Mengeluarkan char dari reaktor dan mengukur bobotnya.

Sementara itu, langkah dalam pengujian pembakaran secara garis besar hampir sama dengan dalam pengujian gasifikasi, tetapi operasi tungku berlangsung dari sejak penyalaan sampai dengan seluruh bahan bakar terbakar/api padam.

## 5. Hasil dan Pembahasan

Dalam eksperimen ini bahan bakar dinyalakan dari bagian atas reaktor. Zona pembakaran atau lapis bahan bakar yang terbakar bergerak turun sepanjang reaktor. Berdasarkan hasil eksperimen, sesuai ditampilkan oleh Gambar 4., diketahui bahwa laju

perambatan zona pembakaran cenderung meningkat seiring naiknya laju udara primer, baik pada sekam padi maupun tatal kayu.



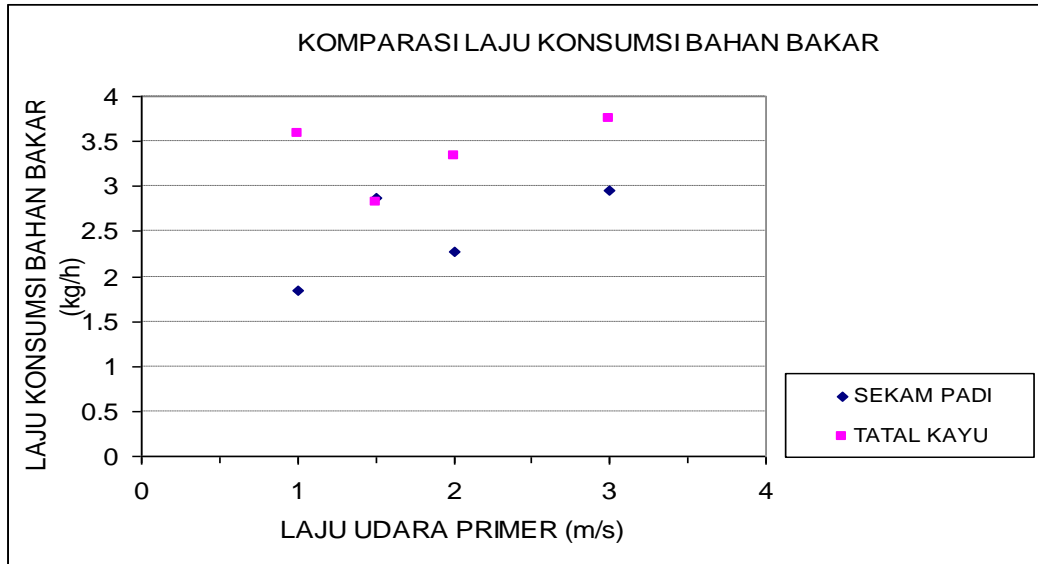
Gambar 4. Hubungan Laju Perambatan Zona Pembakaran dengan Laju Udara Primer

Hal di atas dimungkinkan selama gasifikasi, kolom bahan bakar dan *char* dalam reaktor memberikan tekanan pada kipas blower selama mengalirkan udara. Hal itu berarti untuk ketebalan tertentu bahan bakar diperlukan laju udara primer optimal sehingga udara tersebut mampu melalui kolom bahan bakar. Dengan demikian, penambahan laju udara primer sampai dengan laju udara primer optimal itu akan mampu secara lancar mengisi seluruh celah antar partikel bahan bakar.

Terlihat pula bahwa untuk laju udara primer yang sama, sekam padi mempunyai nilai laju zona pembakaran yang lebih rendah daripada tatal kayu. Hal itu dimungkinkan oleh ukuran dan bentuk dari partikel bahan bakar sekam padi relatif lebih seragam daripada ukuran dan bentuk tatal kayu. Dengan demikian, untuk satu tebal kolom yang sama dari kedua bahan bakar tersebut, kolom bahan bakar sekam padi mempunyai jumlah celah yang lebih sedikit atau partikel-partikelnya lebih rapat daripada tatal kayu, sehingga untuk sebesar laju udara primer yang sama, kolom bahan bakar sekam padi memberikan tekanan yang lebih besar atau lebih sedikit menyerap udara yang diperlukan bagi pembakaran.

Berdasarkan hasil eksperimen, sesuai ditampilkan oleh Gambar 5., diketahui bahwa laju konsumsi bahan bakar cenderung meningkat seiring naiknya laju udara primer, baik pada sekam padi maupun tatal kayu. Terlihat bahwa untuk laju udara primer yang sama tatal kayu mempunyai nilai laju konsumsi bahan bakar yang lebih tinggi daripada sekam

padi. Hal tersebut dimungkinkan bahwa dengan asumsi bahwa massa partikel penyusun kolom bahan bakar adalah seragam, jika laju udara primer sama, maka laju konsumsi bahan bakar berbanding lurus dengan laju perambatan zona pembakaran.



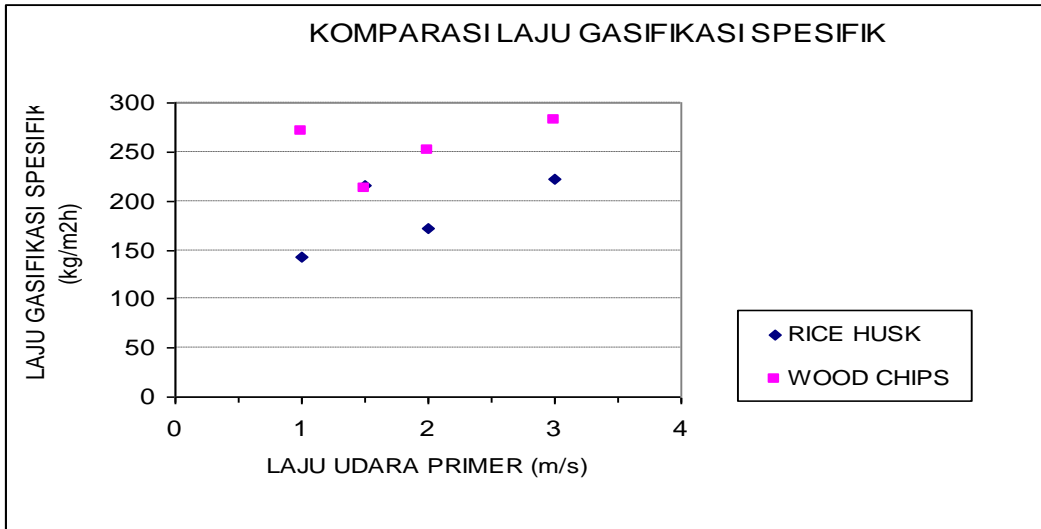
Gambar 5. Hubungan Laju Konsumsi Bahan Bakar dengan Laju Udara Primer

Berdasarkan hasil eksperimen, sesuai ditampilkan oleh Gambar 6, diketahui bahwa laju gasifikasi spesifik cenderung meningkat seiring naiknya laju udara primer, baik pada sekam padi maupun tatal kayu. Terlihat bahwa untuk laju udara primer yang sama tatal kayu mempunyai nilai laju gasifikasi spesifik yang lebih tinggi daripada sekam padi. Hal ini dapat dijelaskan bahwa laju gasifikasi spesifik merupakan laju konsumsi bahan bakar perluasan penampang reaktor. Dalam eksperimen ini luasan penampang reaktor adalah sama sehingga pada laju udara primer tertentu, laju gasifikasi spesifik semata-mata bergantung pada laju konsumsi bahan bakar.

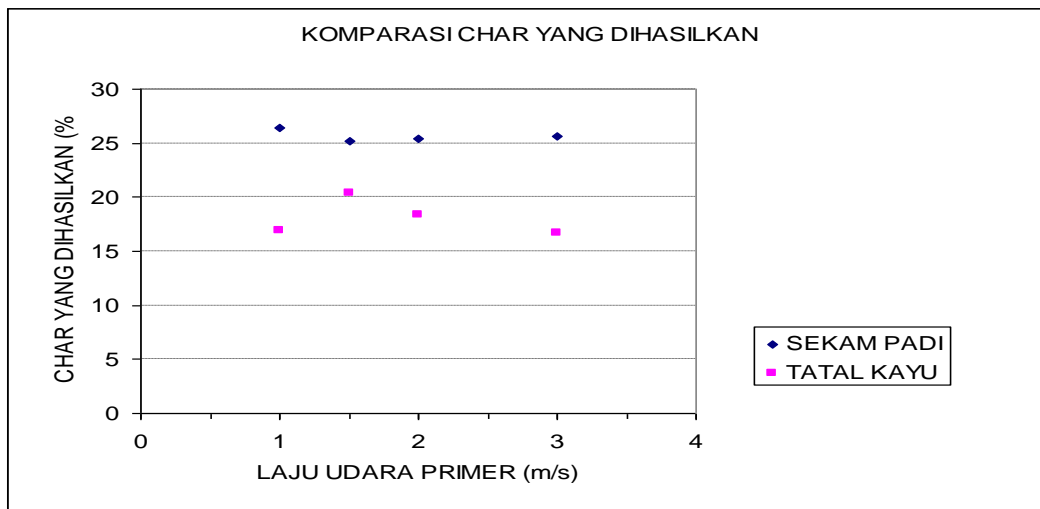
Berdasarkan hasil eksperimen, sesuai yang ditampilkan oleh Gambar 7., diketahui bahwa perubahan laju udara primer pada rentang ini, berpengaruh kecil terhadap produksi *char* pada kedua macam bahan bakar. Pada sekam padi dan tatal kayu dihasilkan *char* rerata berturut-turut 25,66 % dan 18,06 %.

Terlihat bahwa pada sekam padi, dihasilkan prosentase *char* yang lebih besar daripada tatal kayu. Hal ini dimungkinkan oleh perbedaan bentuk partikel bahan bakar dan perbedaan karakteristik bawaan sekam padi dengan tatal kayu.





Gambar 6. Hubungan Laju Gasifikasi Spesifik dengan Laju Udara Primer



Gambar 7. Hubungan Char yang Dihasilkan dengan Laju Udara Primer

Biomassa terdiri atas beberapa parameter yaitu kadar air (*moisture content*), zat terbang/mudah menguap (*volatile matter*), karbon terikat (*fixed carbon*), dan abu (*ash*) nilai kalor bahan bakar (*heating value*). Proses pengeringan akan menghilangkan *moisture*, devolatilisasi yang merupakan tahapan pirolisis akan melepaskan *volatile*, pembakaran arang akan melepaskan karbon terikat dan sisa pembakaran berupa abu. Parameter penting lainnya, adalah kandungan nilai kalornya. Besarnya nilai kalor sangat tergantung dari komposisi parameter-parameter di atas. Semakin tinggi kandungan karbon terikat maka semakin tinggi pula nilai kalornya.

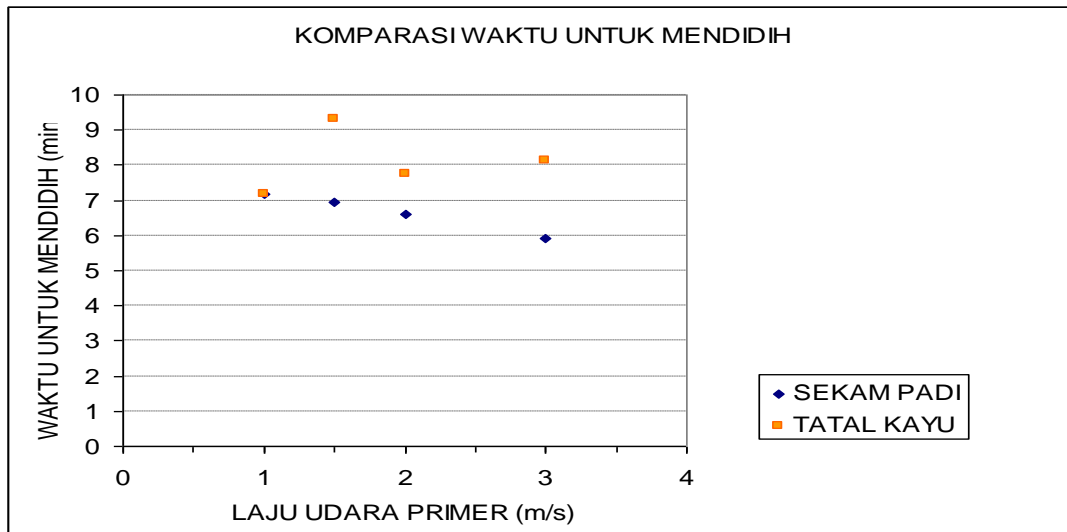
Dari uji nilai kalor dan analisis proksimasi terhadap sekam padi dan tatal kayu yang digunakan dalam eksperimen, diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 1. Parameter dalam Sekam Padi dan Tatal Kayu

<b>Parameter</b>	<b>Sekam Padi</b>	<b>Tatal kayu</b>
<i>Heating Value (cal/gram)</i>	3475,63	3679,04
<i>Moisture Content (%)</i>	4,267	7,014
<i>Volatile Matter (%)</i>	48,070	52,285
<i>Fixed Carbon (%)</i>	25,768	34,863
<i>Ash (%)</i>	21,895	5,838

Berdasarkan Tabel 1, terlihat bahwa tatal kayu mempunyai nilai kalor yang lebih besar daripada sekam padi, hal ini seiring dengan kandungan karbon terikat pada tatal kayu yang lebih besar daripada sekam padi. Meskipun kadar air tatal kayu lebih besar daripada sekam padi, namun tampaknya nilai kalor yang lebih besar pada tatal kayu lebih dominan pengaruhnya pada proses gasifikasi. Maka, dengan ukuran partikel tatal kayu yang relatif lebih lembut dan kandungan zat terbang yang lebih tinggi pada tatal kayu mengakibatkan *char* yang terbentuk pada tatal kayu lebih sedikit daripada sekam padi.

Berdasarkan hasil eksperimen, seperti ditampilkan oleh Gambar 8, diketahui bahwa perubahan laju udara primer berpengaruh terhadap waktu yang diperlukan air untuk mencapai titik didihnya. Seiring meningkatnya laju udara primer (dalam rentang tersebut), waktu untuk mendidihkan air dengan bahan bakar sekam padi menjadi lebih singkat, namun dengan bahan bakar tatal kayu menjadi lebih lama. Hal ini dimungkinkan berkaitan dengan kadar air sekam padi yang lebih rendah daripada tatal kayu mengakibatkan laju pengeringan bahan bakar sekam padi berjalan lebih cepat seiring dengan bertambahnya laju udara primer, sehingga laju zona pembakaran berjalan lebih cepat dan kalor untuk mendidihkan air terbentuk lebih cepat sehingga air lebih cepat mendidih. Sementara itu, dalam rentang laju udara primer ini, laju pengeringan tatal kayu dengan kadar air yang lebih tinggi daripada sekam padi, justru cenderung turun, hal ini dimungkinkan penambahan laju udara primer justru akan mengalirkan *moisture* ke lapis bahan bakar lebih atas sehingga menurunkan kalor yang diperlukan untuk mendidihkan air akibatnya diperlukan lebih lama waktu untuk mendidihkan air.

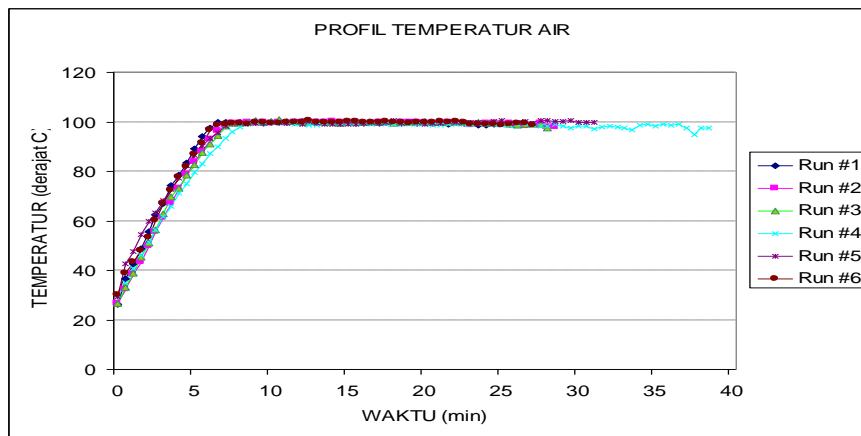


Gambar 8. Hubungan Waktu untuk Mendidih dengan Laju Udara Primer

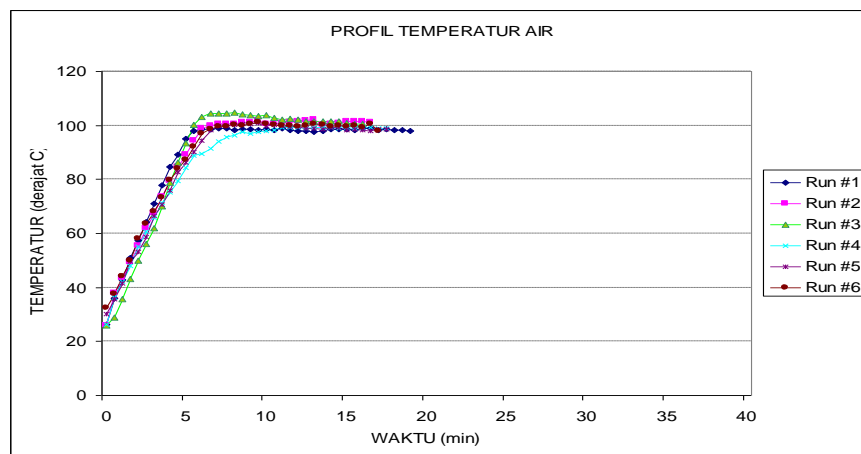
Dari hasil uji pendidihan air, dihasilkan grafik hubungan temperatur air terhadap waktu (profil temperatur air). Berdasarkan grafik profil temperatur air tersebut dapat diketahui bahwa pada gasifikasi sekam padi terjadi kestabilan temperatur pendidihan air pada setiap laju udara primer yang diterapkan, lebih stabil dibandingkan temperatur pendidihan air pada gasifikasi tatal kayu, dengan urutan kestabilan lebih baik berturut-turut pada laju udara primer 1,0 m/s; 2,0 m/s; 3,0 m/s dan 1,5 m/s. Pada gasifikasi tatal kayu, temperatur pendidihan air paling stabil terjadi pada laju udara primer 2,0 m/s dan semakin kurang stabil pada laju udara primer 3,0 m/s, 1,5 m/s dan 1,0 m/s.

Pada pembakaran sekam padi, dihasilkan profil temperatur air yang fluktuatif, berarti temperatur pendidihan air pada pengujian ini sangat tidak stabil. Lain halnya pada pembakaran tatal kayu, profil temperatur air cukup teratur dengan kecenderungan temperatur pendidihan air menurun secara berangsur-angsur sampai dengan titik berakhirnya proses pembakaran. Dari keempat macam pemanfaatan dua bahan bakar tersebut, maka dapat dirangkum bahwa ditinjau dari segi perlunya kestabilan temperatur dalam proses memasak, gasifikasi sekam padi sangat baik dan menghasilkan api berwarna biru, disusul berturut-turut dengan gasifikasi tatal kayu dengan warna api yang biru kekuningan dan pembakaran tatal kayu. Namun demikian, dalam satu kali proses, rentang waktu kestabilan temperatur dalam proses gasifikasi tidak terlalu banyak selisihnya dengan rentang waktu kestabilan temperatur dalam proses pembakaran tatal kayu. Dalam proses ini, efisiensi termal pembakaran tatal kayu sedikit lebih tinggi daripada efisiensi termal

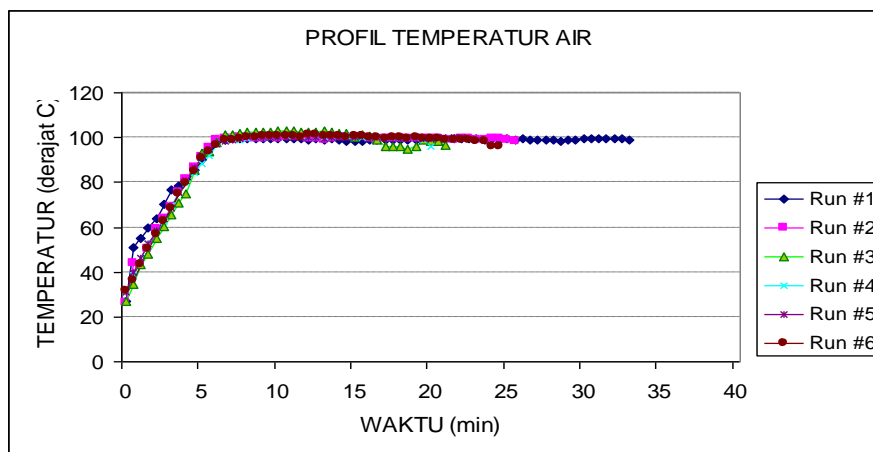
gasifikasi sekam padi. Akan tetapi, pada pembakaran tatal kayu maupun sekam padi dihasilkan jelaga yang menjadi pencemar udara dan pengotor peralatan di sekitarnya.



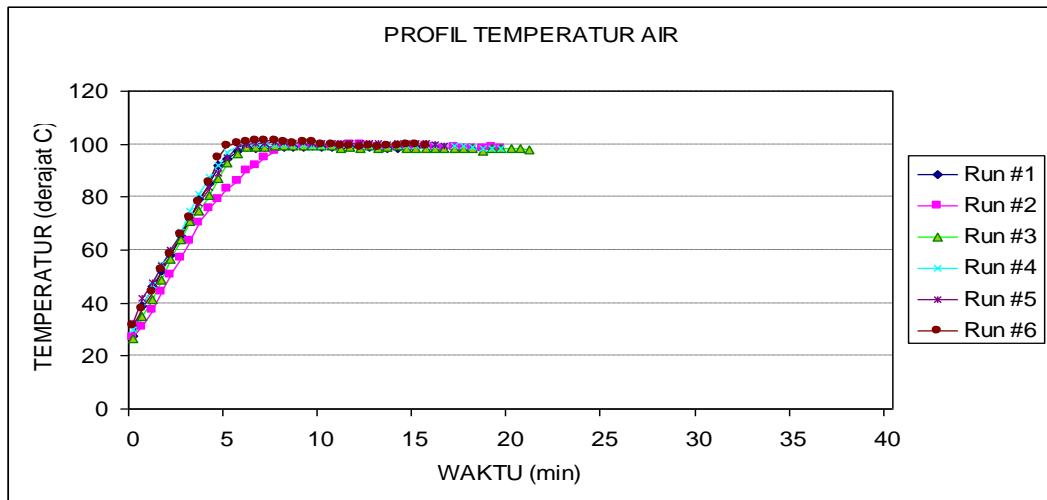
Gambar 9. Profil Temperatur Air pada Gasifikasi Sekam Padi dengan Laju Udara Primer 1,0 m/s



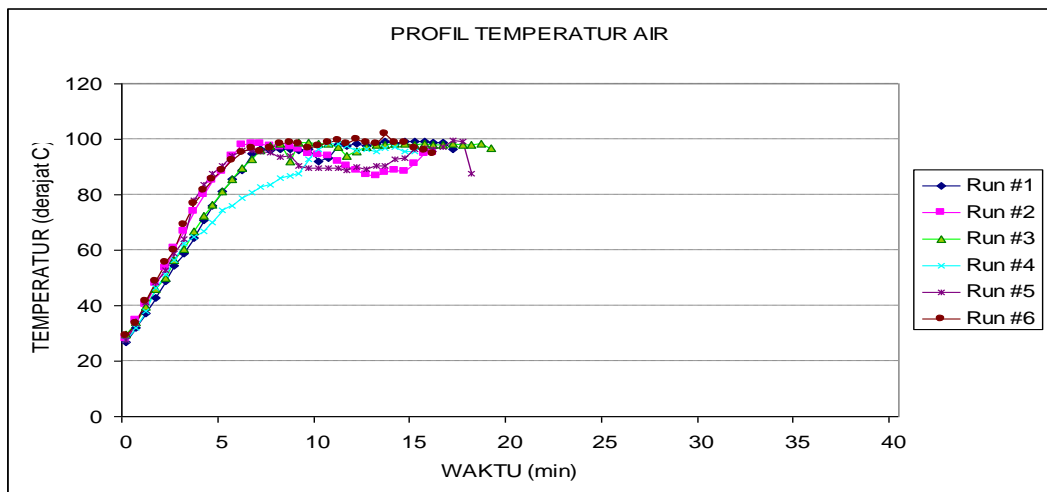
Gambar 10. Profil Temperatur Air Pada Gasifikasi Sekam Padi dengan Laju Udara Primer 1,5 m/s



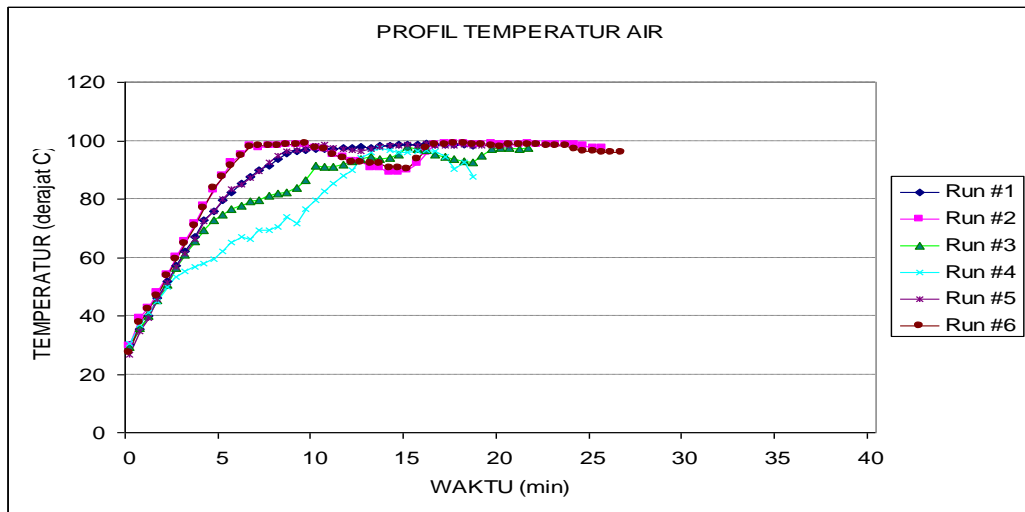
Gambar 11. Profil Temperatur Air Pada Gasifikasi Sekam Padi dengan Laju Udara Primer 2,0 m/s



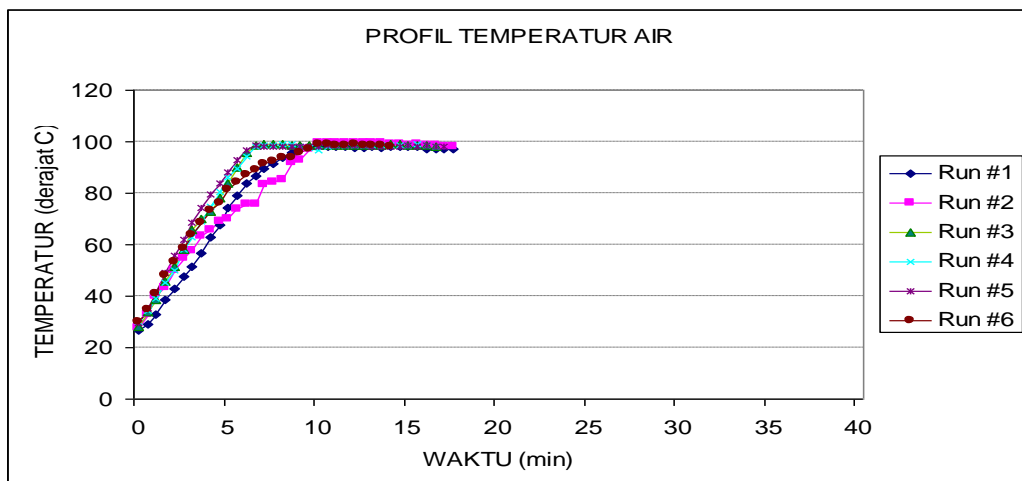
Gambar 12. Profil Temperatur Air Pada Gasifikasi Sekam Padi dengan Laju Udara Primer 3,0 m/s



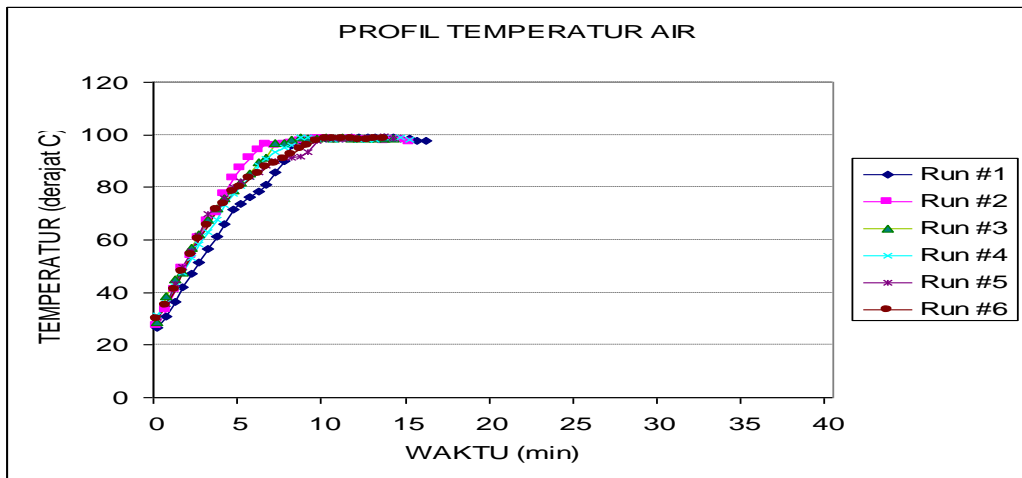
Gambar 13. Profil Temperatur Air Pada Gasifikasi Tatal Kayu dengan Laju Udara Primer 1,0 m/s



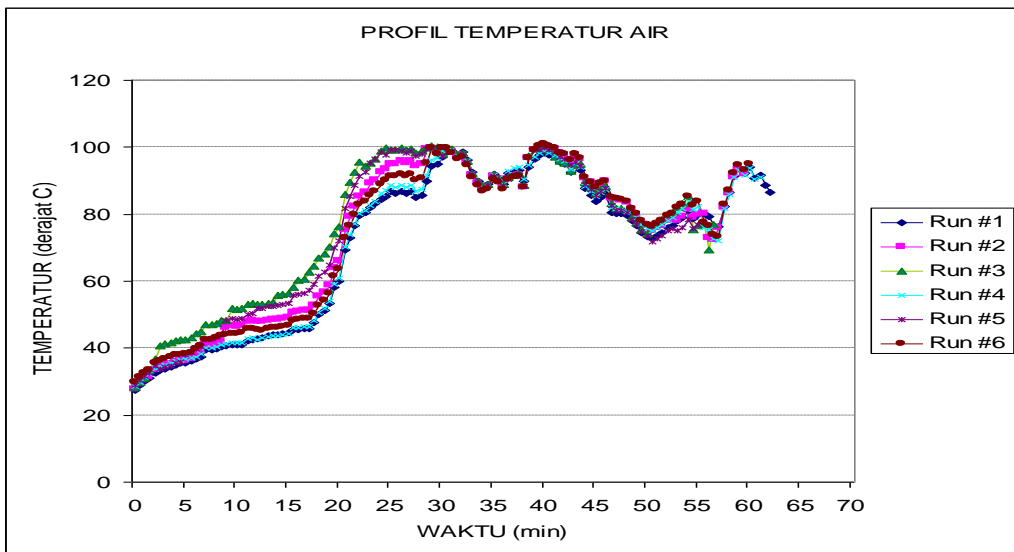
Gambar 14. Profil Temperatur Air Pada Gasifikasi Tatal Kayu dengan Laju Udara Primer 1,5 m/s



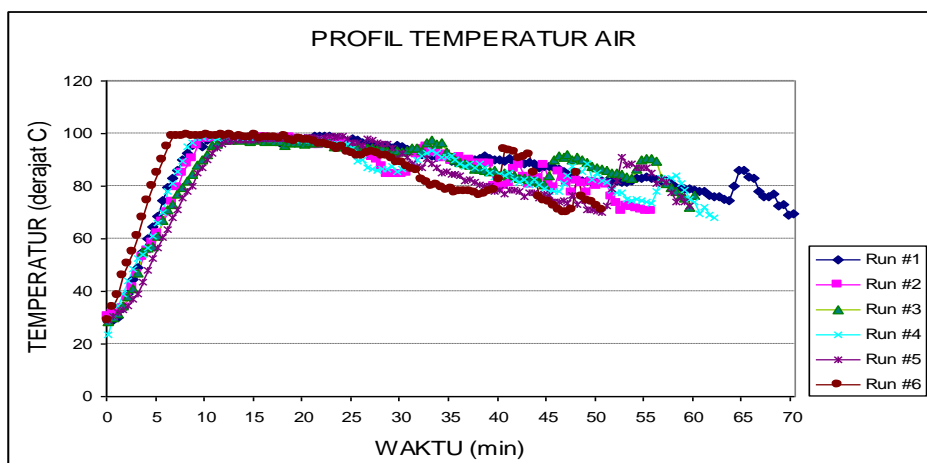
Gambar 15. Profil Temperatur Air Pada Gasifikasi Tatal Kayu dengan Laju Udara Primer 2,0 m/s



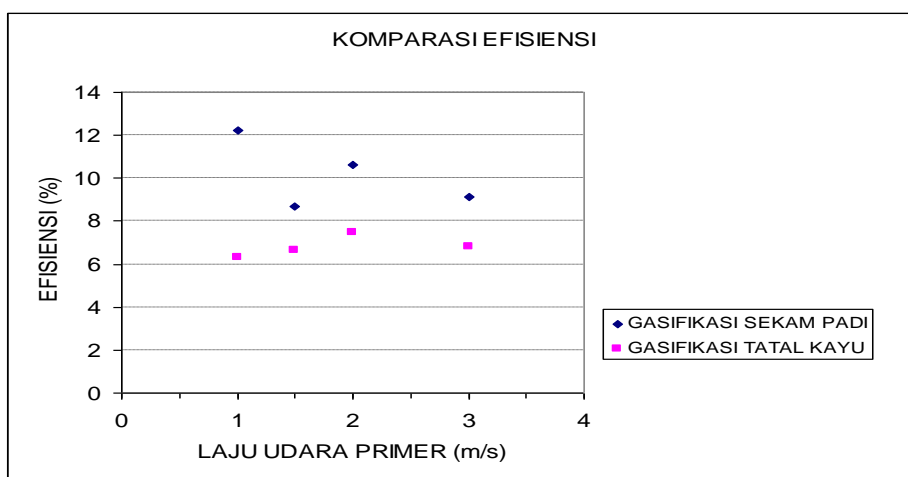
Gambar 16. Profil Temperatur Air Pada Gasifikasi Tatal Kayu dengan Laju Udara Primer 3,0 m/s



Gambar17. Profil Temperatur Air Pada Pembakaran Sekam Padi dengan Tungku Pembakaran Konvensional



Gambar18. Profil Temperatur Air Pada Pembakaran Tatal Kayu dengan Tungku Pembakaran Konvensional



Gambar 19. Hubungan Efisiensi Tungku Gasifikasi Terhadap Laju Udara Primer

Dari Gambar 19, terlihat bahwa efisiensi tungku gasifikasi menggunakan bahan bakar sekam padi mencapai nilai tertinggi sebesar 12,227 % pada laju udara primer 1,0 m/s dan kemudian nilainya cenderung turun pada laju udara primer yang lebih tinggi yaitu sebesar 8,668 %; 10,611 % dan 9,110 % pada laju udara primer 1, 5 m/s; 2,0 m/s; 3,0 m/s berturut-turut. Terlihat pula bahwa efisiensi tungku gasifikasi menggunakan bahan bakar tatal kayu mencapai nilai sebesar 6,292 % pada laju udara primer 1,0 m/s, kemudian naik pada laju udara primer 1,5 m/s menjadi sebesar 6,639 % sampai dicapai nilai tertinggi pada laju udara primer 2,0 m/s menjadi sebesar 7,457 % dan selanjutnya turun menjadi 6,798 % pada laju udara primer 3,0 m/s.



Hasil tersebut dimungkinkan oleh kondisi dan lama rentang waktu terjadinya kestabilan temperatur pendidihan sebagaimana hasil analisis profil temperatur air di atas. Karena dengan kestabilan temperatur pendidihan air yang baik dan semakin lama terjadinya kestabilan, maka semakin banyak pula air yang diuapkan hal ini berarti semakin besar pula kalor laten. Dengan demikian efisiensi akan semakin besar.

## **6. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian ini, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Bahwa pada gasifikasi sekam padi dan tatal kayu, seiring naiknya laju udara primer, maka terjadi kecenderungan peningkatan pada laju zona pembakaran, laju konsumsi bahan bakar, laju gasifikasi spesifik. Sementara itu, produksi *char* relatif sedikit terpengaruh, serta waktu untuk mendidihkan air dengan bahan bakar sekam padi menjadi lebih singkat, sedangkan pada tatal kayu menjadi lebih lama.
2. Selama periode pendidihan, gasifikasi sekam padi memiliki kestabilan temperatur terbaik di antara keempat macam pengujian bahan bakar.
3. Makin stabil temperatur pendidihan air mendukung lebih baiknya efisiensi termal.

## **Daftar Pustaka**

- [1] Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral (2003), "Kebijakan Pengembangan Energi Terbarukan dan Konservasi Energi".
- [2] Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral (2004), "Statistik Energi Indonesia".
- [3] McKendry, P. (2002), "Energy Production from Biomass (part 3): Gasification Technologies", *Bioresource Technology* 83(3), 55-63.
- [4] Reed, T. B., Anselmo, E. and Kircher, K. (2000), "Testing and Modelling The Wood-Gas Turbo Stove", in *Progress in the Thermochemical Biomass Conversion Conference*, Tyrol, Austria, Sept. 17-22.
- [5] Suvarnakuta, Pitaksa, and Suwannakuta, Prapaporn (2006), "Biomass Cooking Stove for Sustainable Energy and Environment", in *International Conference on Sustainable Energy & Environment (SEE 2006)*, Bangkok, Thailand, Nov. 21-23.
- [6] Bhattacharya S.C., San Shwe Hla, Leon, Augustus, M., and Weerantnga, Kapila (1999), "An Improved Gasifier Stove for Institutional Cooking".
- [7] Wander, Paulo, R., Altafini, Carlos, R., and Barreto, Ronaldo, M. (2004), "Assesment of A Small Sawdust Gasification Unit".

- [8] Ramirez, J.,J., Martinez, J.,D., and Petro, S.,L.(2007), “Basic Design of A Fluidized Bed Gasifier for Rice Husk on A Pilot Scale”, Latin American Applied Research.