

“Tema: 4 (energi baru dan terbarukan)”

PENGARUH VARIASI BAHAN BAKU TERHADAP SUHU REAKTOR DAN KANDUNGAN SYN GAS YANG DIHASILKAN DARI PROSES GASIFIKASI LIMBAH PADAT INDUSTRI AREN

Ucik Ika Fenti Styana^{1*}, Rosiana Indrawati¹, Muhammad Sigit Cahyono²

¹Program Studi Teknik Energi, Fakultas Teknik Industri, Institut Teknologi Yogyakarta

²Program Studi Teknik Perminyakan, Fakultas Teknik, Universitas Proklamasi 45

ucik_energi@ity.ac.id

ABSTRAK

Salah satu potensi sumber energi yang berlimpah di Indonesia adalah limbah biomasa, seperti limbah padat industri aren. Bahan tersebut dapat menimbulkan permasalahan lingkungan jika tidak diatasi dengan baik. Di sisi lain, limbah tersebut bisa dimanfaatkan menjadi bahan bakar berupa syn gas melalui proses gasifikasi. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi bahan baku terhadap suhu reaktor dan kandungan syn gas yang dihasilkan dari proses gasifikasi limbah padat industri aren. Bahan baku yang digunakan adalah limbah padat industri aren yang didapatkan dari sentra industri pati aren di Dusun Daleman, Kecamatan Tulung, Kabupaten Klaten. Sebelum diproses, bahan dijemur di bawah sinar matahari selama sehari, kemudian dilakukan analisa proksimat. Variabel penelitian adalah jenis bahan berupa limbah padat aren, campuran limbah padat aren dan tempurung kelapa, serta tempurung kelapa murni. Proses gasifikasi diawali dengan memasukkan bahan ke dalam reaktor *gasifier*, kemudian dinyalakan sampai keluar gas yang bisa terbakar. *Syn gas* tersebut dianalisa kandungannya, kemudian dibakar untuk mengetahui efisiensinya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi bahan baku mempengaruhi suhu proses di dalam reaktor, dimana suhu optimal pada gasifikasi tempurung kelapa, yaitu pengeringan pada suhu 120⁰C, pirolisis 340⁰C, Reduksi 650⁰C, dan oksidasi 721⁰C. Gas tersebut dapat terbakar selama 15 menit, dibandingkan campuran limbah padat aren - tempurung yang terbakar 8 menit dan limbah padat aren yang hanya mampu terbakar 1 menit. Hasil pengujian kandungan syn gas menunjukkan bahwa hasil gasifikasi limbah padat aren murni menghasilkan sangat sedikit gas yang mudah terbakar, sehingga perlu dicampur dengan bahan lain apabila akan digunakan sebagai bahan bakar.

Kata Kunci : *gasifikasi, limbah padat aren, fixed-bed updraft gasifier, syn gas, jenis bahan*

ABSTRACT

One of the potential alternative energy source in Indonesia are biomass wastes, just like sugar palm industrial residue. They will damage the environment if can not solved well. In other hand, they can utilized as alternative fuel in the form of syn gas that produced from gasification process. The objective of this research were to study the influence of raw material to reactor temperature and syn gas composition that produced from sugar palm industrial residues gasification process. The raw material that used are sugar palm residue from sugar palm industrial centre in Daleman, Tulung, Klaten region. Before processed, it was dried for one day and analyzed by proximate analysis to know the characteristic of raw material. The variable that been used in this research were composition of raw material, that was sugar palm industrial residue, coconut shell, and mixed of them. The process was started by feeding the raw material to the reactor, then processed until produce syn gas that can burn along one hour. Then they was analyzed to know the composition of produced gas and was burn

to know its efficiency. Experiment resulted that variation of raw material has influence the temperature in the reactor, whereas the optimum temperature was coconut shell gasification, that is drying at 120°C, pyrolysis 340°C, Reduction 650°C, and oxidation at 721°C. The produced gas can burn in 15 minutes, compared with coconut shell 8 minutes and sugar palm residue only 1 minute. The laboratory analysis showed that composition of flammable gas in sugar palm residue syn gas was very low compared with syn gas from coconut shell or mixed of them.

Keywords : gasification, sugar palm industrial residue, fixed-bed updraft gasifier, syn gas

PENDAHULUAN

Salah satu energi alternatif yang sedang berkembang adalah energi yang berasal dari bahan – bahan organik, hal ini dikarenakan senyawa organik tersebut dapat diperbarui. Keberadaan bahan organik tersebut mudah didapat dan terjamin kontinuitasnya serta ramah lingkungan. Hal ini menjadi faktor utama keberadaan bahan - bahan organik dipertimbangkan sebagai energi masa depan dalam rangka mewujudkan teknologi hijau (Sutanto, dkk. 2015).

Menurut Cahyono (2013), Indonesia memiliki ketersediaan bahan organik berupa sisa pertanian dan perkebunan yang berlimpah. Beberapa contohnya adalah potongan kayu, ranting, daun, sekam padi, ampas tebu, tandan kosong sawit, serbuk kayu, serta tempurung kelapa. Selain itu, limbah organik dari pemukiman dan industri kecil merupakan potensi besar lainnya yang juga melimpah.

Salah satu kegiatan penghasil limbah biomassa yang berpotensi adalah industri tepung aren di Dusun Bendo, Desa Daleman, Kecamatan Tulung, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah. Di Sentra Industri pati aren atau di tengah masyarakat, yang lebih populer disebut pati onggok, terdapat 137 pengrajin dengan hasil produksi berupa pati aren rata-rata 200 ton /tahun. Dengan melihat komponen yang dihasilkan maka dapat diperhitungkan bahwa dengan produksi rata-rata 200 ton/tahun pati aren maka akan dihasilkan limbah berupa serat sejumlah 659 ton/tahun atau 2,19 ton/hari. Semula limbah tersebut dimanfaatkan oleh pabrik jamur, namun setelah industri jamur yang memanfaatkan limbah padat aren mengalami kebangkrutan, pihak industri mengalami kesulitan membuang limbah, sehingga limbah dibuang di bantaran sungai dan di jalan-jalan. Selain mengganggu estetika, limbah juga mulai mengganggu kualitas air setempat dan menurunkan peruntukan fungsi sungai sebagai saluran air hujan dan pengairan.

Konversi limbah pati aren ke dalam bentuk bahan bakar gas (*syn gas*) melalui proses gasifikasi merupakan salah satu pilihan cerdas, karena *syn gas* juga merupakan bahan bakar yang bersih. Teknologi pembuatan *syn gas* juga relatif mudah sehingga dapat dikembangkan

oleh masyarakat pedesaan. Melalui gasifikasi, bahan padat karbonat dipecah menjadi bahan-bahan dasar seperti CO, H₂, CO₂, H₂O dan CH₄. Gas-gas yang dihasilkan selanjutnya dapat digunakan secara langsung untuk proses pembakaran (Purwantana, 2007).

Menurut Hidayat (2013), salah satu teknologi potensial untuk pemanfaatan sampah organik adalah teknologi gasifikasi. Gasifikasi bertujuan untuk mengkonversi bahan bakar cair maupun padat menjadi *flammable gas* menggunakan suatu reaktor yang disebut *gasifier*. *Gasifier* adalah istilah untuk reaktor yang memproduksi gas dengan cara pembakaran tidak sempurna (oksidasi sebagian) bahan bakar biomasa. Ketika gasifikasi berlangsung, terjadi kontak antara bahan bakar dengan medium penggasifikasi di dalam *gasifier*.

Gasifikasi adalah suatu teknologi proses konversi bahan padat menjadi gas yang mudah terbakar. Bahan padat yang dimaksud misalnya, biomasa, batubara, dan arang. Proses gasifikasi terdiri dari empat tahapan proses atas dasar perbedaan rentang temperatur, yaitu pengeringan ($T > 150^{\circ}\text{C}$), pirolisis ($150 < T < 700^{\circ}\text{C}$), oksidasi ($700 < T < 1500^{\circ}\text{C}$), dan reduksi ($800 < T < 1000^{\circ}\text{C}$). Proses pengeringan, pirolisis, dan reduksi bersifat menyerap panas (endotermik), sedangkan proses oksidasi bersifat melepas panas (eksotermik). Panas yang dihasilkan dalam proses oksidasi digunakan dalam proses pengeringan, pirolisis dan reduksi. Bahan kering hasil dari proses pengeringan mengalami proses pirolisis, yaitu pemisahan *volatile matters* (uap air, cairan organik, dan gas yang tidak terkondensasi) dari arang. Hasil pirolisis berupa arang mengalami proses pembakaran dan proses reduksi yang menghasilkan gas produser yaitu, H₂ dan CO (Pranolo, 2010).

Suatu sistem gasifikasi terdiri atas reaktor gasifikasi yang dilengkapi alat-alat untuk pengkondisian bahan bakar dan *producer gas*. Dari semua jenis gasifier yang ada, reaktor tipe *Updraft* merupakan reaktor yang paling sederhana dan mudah diaplikasikan di masyarakat sebagai pengganti gas LPG untuk kebutuhan memasak sehari-hari. Unit gasifikasi biomassa tipe *Updraft* diharapkan dapat membantu masyarakat dalam pemenuhan kebutuhan energi alternatif. Akan tetapi, setiap unit gasifikasi memiliki karakteristik-karakteristik tertentu bergantung pada umpan biomassa yang berpengaruh terhadap kinerja unit tersebut sehingga diperlukan pengujian alat agar dapat diketahui kondisi operasi terbaiknya. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi bahan baku terhadap suhu reaktor dan kandungan *syn gas* yang dihasilkan dari proses gasifikasi limbah padat industri aren.

METODE PENELITIAN

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah padat aren berupa ampas (serat) yang didapatkan dari Sentra Industri Pati Aren di Desa Daleman, Kecamatan Tulung, Kabupaten Klaten, Propinsi Jawa Tengah. Selain itu, digunakan juga limbah tempurung kelapa yang didapatkan dari penjual kelapa di Pasar Kranggan, Kota Yogyakarta. Bahan-bahan tersebut sebelum digunakan, dikeringkan terlebih dahulu dengan cara dijemur di terik matahari selama satu hari. Setelah kering, sebagian bahan diambil untuk dianalisa kandungan *proximate*, sedangkan sisanya diproses gasifikasi.

Peralatan gasifikasi yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada gambar 1 berikut.



Gambar 1. Satu Set Peralatan Gasifikasi (*Gasifier*)

Gasifier ini merupakan sebuah silinder yang terbuat dari bahan *stainless steel* dengan diameter 40 cm, tinggi 100 cm dan ketebalan 4 mm, yang berfungsi sebagai tempat terjadinya proses gasifikasi. Pada bagian sisi *gasifier* dibuat 3 buah saluran pengukur suhu berbaris vertikal dengan jarak 5 cm, 20 cm, dan 35 cm dari *grate* untuk menentukan area gasifikasi. Selain itu, *gasifier* ini juga dilengkapi dengan siklon untuk memisahkan partikel debu dari *syn gas*, serta sistem pembuangan padatan hasil gasifikasi di bagian bawah *gasifier*.

Rangkaian peralatan yang telah tersedia diujicoba terlebih dahulu tanpa menggunakan beban untuk mengetahui apakah peralatan berfungsi dengan baik atau tidak. Apabila ada bagian peralatan yang tidak berfungsi dengan baik, akan diperbaiki. Apabila semua bagian berfungsi normal, maka penelitian akan dilanjutkan.

Tahapan pengambilan data dimulai dengan membuka penutup reaktor dan memasukkan 5 kg bahan sesuai variabel penelitian, sementara di bagian bawah dimasukkan sedikit ranting dan daun yang mudah terbakar sebagai pemantik awal. Kemudian pemantik awal dinyalakan dan *blower* dihidupkan di ujung pipa gas untuk menghisap *syn gas* yang dihasilkan. Setelah gas yang dihasilkan cukup banyak, *blower* hisap kemudian diganti dengan *blower* dorong untuk menghembuskan udara ke dalam reaktor.

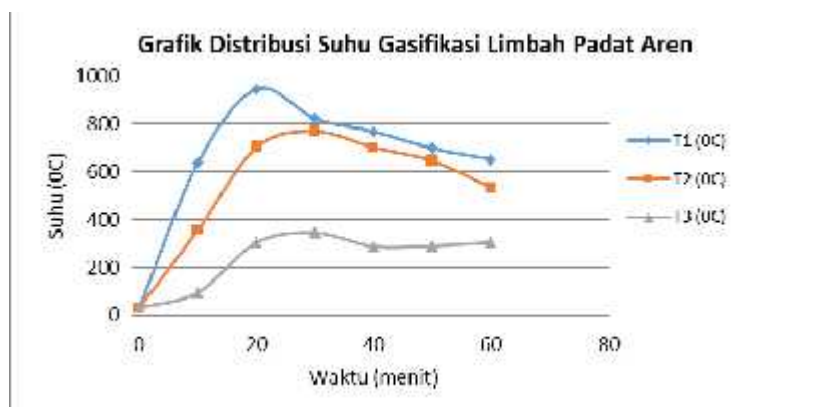
Api yang berasal dari bagian bawah reaktor akan memanaskan bahan yang ada di dalam reaktor sehingga terjadi proses oksidasi, reduksi, pirolisis, dan pengeringan. Sementara suhu reaktor mulai dicatat sejak *blower* dinyalakan setiap 10 menit sampai satu jam. Proses gasifikasi dilakukan sampai muncul gas yang keluar melalui pipa keluaran gas, lalu dipantik hingga menyalakan api yang stabil. Saat api telah stabil, gas diambil menggunakan *syringe* untuk diuji di laboratorium. Langkah percobaan diulangi untuk variabel jenis bahan yang berbeda. Setelah selesai, *char* dan *ash* dikeluarkan lalu ditimbang massanya dan diuji di Laboratorium Analisis Instrumentasi Teknik Kimia UGM menggunakan uji *proximate*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

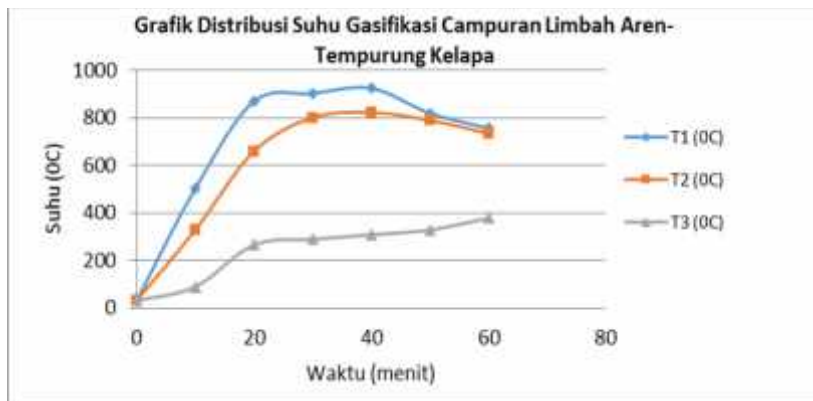
a. Pengaruh Variasi Bahan Baku terhadap Suhu Reaktor

Pada penelitian ini, dilakukan pengukuran suhu sepanjang pengujian menggunakan peralatan termometer digital pada 3 titik reaktor dengan ketinggian dari dasar yang berbeda. Pembacaan suhu tersebut dilakukan setiap 10 menit, mulai penyalaan bahan baku hingga pengujian berakhir, yaitu sekitar satu jam. Setiap saat pengambilan data suhu, dilakukan percobaan penyalaan gas hasil gasifikasi, dimana waktu yang dibutuhkan setelah mulai penyalaan sampai didapatkan gas yang bisa terbakar secara kontinyu adalah waktu pengeringan bahan untuk melepaskan air yang terkandung di dalam bahan tersebut.

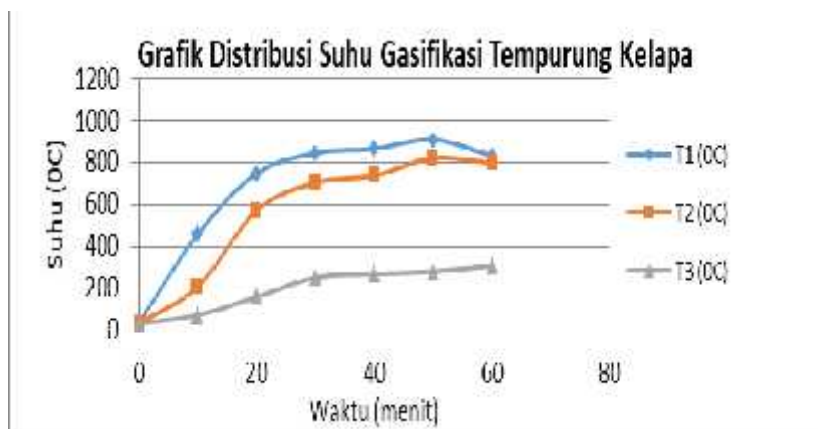
Distribusi suhu hasil pengujian gasifikasi untuk masing-masing jenis bahan bakar ditunjukkan pada gambar 2, 3, dan 4 berikut.



Gambar 2. Distribusi Suhu Gasifikasi Limbah Padat Aren



Gambar 3. Distribusi Suhu Gasifikasi Campuran limbah Aren & Tempurung Kelapa

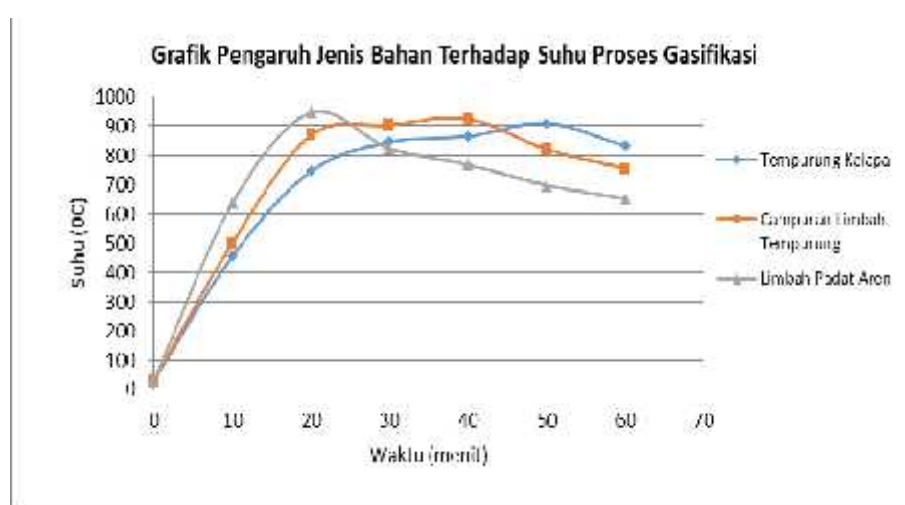


Gambar 4. Distribusi Suhu Gasifikasi Tempurung Kelapa

Grafik distribusi suhu di atas memberikan gambaran proses yang terjadi di dalam reaktor gasifikasi. Berdasarkan Gambar tersebut dapat terlihat bahwa distribusi suhu selama percobaan gasifikasi dengan berbagai macam bahan bakar menunjukkan tren yang hampir sama. Pada titik 1 pengukuran suhu (T_1), menunjukkan bahwa laju kenaikan suhu sangatlah cepat dibandingkan pada titik 2 (T_2) maupun titik 3 (T_3). Suhu T_1 menunjukkan nilai tertinggi dan stabil untuk gasifikasi limbah padat aren sebesar 946°C , campuran tempurung kelapa - limbah aren 925°C , dan tempurung kelapa 910°C . Hal ini menunjukkan bahwa di tempat ini (T_1) terjadi proses pembakaran (oksidasi). Sedangkan suhu di T_2 menunjukkan nilai tertinggi dan stabil dalam kisaran angka tertinggi 800°C untuk semua bahan, yang menunjukkan

terjadinya proses reduksi. Sedangkan suhu di T₃ menunjukkan angka tertinggi dan stabil pada kisaran nilai 300⁰C untuk semua bahan, sebagai tanda terjadinya proses pirolisis. Hal ini sesuai dengan referensi (Rinovianto, 2012) yang menyatakan bahwa pembakaran terjadi pada suhu antara 800⁰C sampai 1400⁰C, daerah reduksi pada 600⁰C – 900⁰C, dan daerah pirolisis antara 150⁰C-800⁰C.

Untuk mengetahui pengaruh jenis bahan bakar terhadap suhu proses gasifikasi, dilakukan pengambilan data selama proses pengujian, dengan mengambil sampel pada titik T₁ sebagai tempat terjadinya proses pembakaran, seperti ditunjukkan dalam gambar 5 berikut.



Gambar 5. Pengaruh Jenis Bahan terhadap Suhu Proses Gasifikasi

Proses gasifikasi dengan bahan bakar limbah padat aren, memiliki laju kenaikan suhu yang lebih cepat dibandingkan dengan proses gasifikasi dengan bahan tempurung kelapa maupun campuran limbah aren dan tempurung kelapa. Akan tetapi, kondisi ini bertahan hanya sampai menit ke-20, dimana suhu yang dicapai oleh proses gasifikasi limbah padat aren mengalami penurunan yang signifikan dibanding yang lain. Hal ini kemungkinan disebabkan karena bahan bakar limbah padat aren sangat mudah terbakar sehingga laju kenaikan suhu akan sangat cepat yang tentunya berakibat pada cepat habisnya bahan bakar. Setelah habisnya bahan yang mudah terbakar tersebut, suhu di titik T₁ akan menurun drastis, dibandingkan percobaan dengan bahan bakar lain.

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa kemudahan pembakaran *syn gas* hasil dari proses gasifikasi juga tergantung dari jenis bahan. Untuk gasifikasi limbah padat aren, *syn gas* akan terbakar pada waktu 10 menit setelah alat dioperasikan, sedangkan campuran limbah padat aren dan tempurung kelapa masing-masing 20 menit dan 30 menit setelah alat

dioperasikan. Namun waktu nyala efektif *syn gas* hasil gasifikasi limbah padat aren hanya 1 menit, jauh lebih pendek dibandingkan tempurung kelapa atau campuran limbah padat aren dan tempurung kelapa yaitu 15 menit dan 8 menit.

Menurut Purwantana, dkk (2010), waktu nyala efektif gas produksi merupakan waktu yang diukur saat gas dapat dibakar secara stabil sampai gas tidak dapat menyala lagi. Waktu nyala efektif juga dapat diperoleh dengan cara mengurangi waktu operasional atau nyala total dengan waktu dimana gas belum atau tidak menyala. Hasil pengamatan dari tiga ulangan yang dilakukan diperoleh rerata waktu operasional sebesar 60,7 menit dengan waktu nyala efektif gas sebesar 46,3 menit dan waktu tidak efektif sebesar 14,4 menit untuk setiap 4 kg ampas tebu. Dengan demikian rerata waktu operasional gasifier adalah 15,2 menit/kg dengan waktu nyala efektif per kg ampas sebesar 11,6 menit.

b. Pengaruh Variasi Bahan Baku terhadap Kandungan *Syn Gas*

Pengujian terhadap kandungan *syn gas* hasil proses gasifikasi ditunjukkan dalam tabel 1 berikut.

Tabel 1. Kandungan *syn gas* hasil proses gasifikasi dengan variasi bahan baku

No	Bahan baku	Kadar H ₂ (%)	Kadar CH ₄ (%)	Kadar CO ₂ (%)
1	Limbah padat aren	0,497	0,001	3,183
2	Campuran limbah padat aren & tempurung kelapa	4,531	1.395	5,185
3	Tempurung kelapa	2,034	0,653	1,526

Sumber : data primer, 2018

Berdasarkan tabel 1 dapat dilihat bahwa kandungan gas mudah terbakar (hidrogen dan metana) tertinggi adalah *syn gas* hasil proses gasifikasi campuran limbah padat aren dan tempurung kelapa. Begitu juga untuk kandungan gas tidak mudah terbakar (karbondioksida) yang paling tinggi adalah *syn gas* hasil proses gasifikasi campuran limbah padat aren dan tempurung kelapa. Hal ini menunjukkan bahwa campuran bahan baku akan menghasilkan produk gas yang lebih bervariasi daripada bahan baku murni limbah padat aren maupun tempurung kelapa.

Selain itu, dapat dilihat bahwa gasifikasi limbah padat aren murni hanya menghasilkan sedikit gas yang mudah terbakar dibandingkan dengan gasifikasi tempurung kelapa murni atau campuran keduanya. Hal ini yang membuat *syn gas* hasil gasifikasi limbah padat aren sangat sulit terbakar, sehingga perlu dicampur dengan tempurung kelapa atau bahan organik lainnya agar bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- a) Jenis bahan akan mempengaruhi distribusi suhu proses gasifikasi sampah organik. Gasifikasi dengan bahan bakar limbah padat aren akan menghasilkan laju kenaikan suhu yang lebih cepat dibandingkan dengan proses gasifikasi dengan bahan campuran limbah padat aren dan tempurung kelapa. Akan tetapi, suhu pada limbah padat aren juga akan cepat mengalami titik puncak sehingga juga akan lebih cepat turun dibandingkan campuran limbah padat aren dan tempurung kelapa.
- b) Pada gasifikasi limbah padat aren, gas mulai terbakar setelah proses gasifikasi berjalan 10 menit sedangkan gasifikasi campuran limbah padat aren dan tempurung kelapa masing-masing setelah 20 dan 30 menit setelah peralatan dioperasikan. Namun *syn gas* hasil gasifikasi limbah padat aren hanya menyala selama 1 menit, lebih pendek dibandingkan tempurung kelapa dan campuran keduanya yaitu 15 menit dan 8 menit.
- c) Gasifikasi limbah padat aren murni hanya menghasilkan sedikit gas yang mudah terbakar dibandingkan dengan gasifikasi tempurung kelapa murni atau campuran keduanya. Hal ini yang membuat *syn gas* hasil gasifikasi limbah padat aren sangat sulit terbakar, sehingga perlu dicampur dengan tempurung kelapa atau bahan organik lainnya agar bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif.

DAFTAR PUSTAKA

- Cahyono, M.S. 2013. Pengaruh Jenis Bahan pada Proses Pirolisis Sampah Organik menjadi Bio-Oil sebagai Sumber Energi Terbarukan. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan* Volume 5, Nomor 2, Juni 2013 Hal. 67-76.
- Pranolo, H (2010). *Potensi Penerapan Teknologi Gasifikasi Tongkol Jagung sebagai Sumber Energi Alternatif di Pedesaan*, Prosiding dalam Seminar Nasional Energi Terbarukan Indonesia di Universitas Jendral Sudirman Purwokerto.
- Purwantana, B. 2007. Pengembangan Gasifier untuk Gasifikasi Limbah Padat Pati Aren (Arenga Pinnata Wurmb). *Jurnal Agritech*, Vol. 27, no.3 September 2007.

- Purwantana, B., An Nurisi, M., Markumningsih, S. 2010. Kinerja Gasifikasi Limbah Padat Tebu (*Saccharum Officinarum* L.) menggunakan Gasifier Unggun Tetap Tipe Downdraft.
- Sudarsono, dkk (2013). *Pemanfaatan Limbah Serat Pati Organik sebagai Material Komposit Poliester*. Laporan penelitian hibah bersaing Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta. November 2013.
- Sutanto, R., Nurcahyati, Pandiatmi, P., Mulyanto, A., & Wirawan, M. 2015. Pengaruh Laju Aliran Agent Gas pada Proses Gasifikasi Kotoran Kuda terhadap Karakteristik Syngas yang Dihasilkan. *Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIV (SNTTMXIV)*.