

KARAKTERISTIK PROSES GASIFIKASI TEMPURUNG KELAPA MENGGUNAKAN UPDRAFT GASIFIER TIPE HISAP

Icha Syahrotul Anam¹, Bambang Purwantana², Radi³

¹Politeknik Negeri Indramayu, Jl. Raya Lohbener Lama no.8 Kec. Lohbener Indramayu, Indonesia
^{1,2,3}Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada,
Jl. Flora No. 1, Bulaksumur, Yogyakarta 55281, Indonesia
Email: ¹sicha92@gmail.com, ²bambang_pw@ugm.ac.id, ³radi@ugm.ac.id

Abstrak

Abstrak-- Kebutuhan energi terus meningkat sejalan dengan meningkatnya populasi penduduk yang mengakibatkan tingginya konsumsi energi. Pemanfaatan limbah biomassa seperti tempurung kelapa sebagai sumber energi alternatif merupakan hal yang sangat bermanfaat, karena dapat mengurangi ketergantungan pada bahan bakar minyak. Salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk menghasilkan energi alternatif yaitu teknologi gasifikasi biomassa. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui karakter proses gasifikasi biomassa menggunakan *updraft gasifier* tipe hisap dengan variasi ukuran bahan dan laju aliran udara. Biomassa yang digunakan adalah tempurung kelapa dengan kadar air 8-10%. Metode penelitian yang digunakan dengan memvariasikan ukuran bahan dan laju aliran udara. Berat bahan yang diuji sebanyak 5kg dengan tambahan arang 200gram. Hasil penelitian menunjukkan bahwa gasifikasi tempurung kelapa menggunakan *updraft gasifier* tipe hisap mampu menghasilkan gas mampu bakar dengan karakter proses gasifikasi diantaranya yaitu waktu efektif gasifikasi 15-21 menit, suhu proses gasifikasi >700°C, suhu kompor 400-800°C, massa arang dan abu 138-223 gram, massa tar 38-95gram serta efektivitas 25-94%. Karakteristik nyala api pada laju aliran udara 0,17m/s cenderung solid, pada laju aliran udara 0,23 m/s nyala api tinggi, dan 0,3 m/s nyala api banyak diselingi asap. Efektivitas tertinggi dicapai pada variasi 0,17 m/s yang menandakan dengan meningkatnya laju udara yang masuk, maka efektivitas gasifikasi akan semakin rendah.

Kata Kunci: Tempurung kelapa, gasifikasi, *updraft gasifier* tipe hisap

Abstract

Energy demand continues to increase in line with the increasing population which results in high energy consumption. Utilization of biomass waste such as coconut shells as an alternative energy source is very beneficial, because it can reduce dependence on fuel oil. One of the technologies that can be used to produce alternative energy is biomass gasification. The purpose of this study was to determine the character of the biomass gasification process using a suction type updraft gasifier with varying the size of the material and air flow rate. The biomass used was coconut shell with a moisture content of 8-10%. The research method used by varying the size of the material and the air flow rate. The weight of the material tested was 5 kg with additional 200 grams of charcoal. The results showed that coconut shell gasification using updraft gasifier with suction type was able to produce combustible gas with the characteristics of the gasification process including the effective gasification time of 15-21 minutes, gasification process temperature > 700° C, flame temperature 400-800° C, mass of charcoal and ash 138-223 grams, tar mass 38-95gram and effectiveness 25-94%. The flames characteristic at an air flow rate of 0.17m/s tend to be solid, at an air flow rate of 0.23 m/s the flames are high, and 0.3 m/s the flames are mostly filled with smoke. The highest effectiveness is achieved at a variation of 0.17 m/s, which indicates that with the increasing rate of incoming air, the effectiveness of gasification will be lower.

Keywords: Coconut shell, gasification, suction type updraft gasifier

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan energi terus meningkat sejalan dengan meningkatnya populasi penduduk Indonesia. Tingginya kebutuhan energi mengakibatkan tingginya konsumsi energi di Indonesia. Akan tetapi, tingginya konsumsi energi tersebut berbanding terbalik dengan ketersediaan energi fosil yang jumlahnya semakin berkurang setiap tahunnya. Penggunaan energi fosil dalam kehidupan manusia secara terus menerus tanpa pengelolaan dan konservasi sumber energi secara baik dapat mengganggu ketahanan energi di masa depan karena ketersediaan sumber energi fosil semakin berkurang dan membutuhkan waktu yang sangat lama untuk terbentuk kembali (Hutapea, 2017). Salah satu cara untuk menanggulangi kebutuhan energi adalah dengan memanfaatkan potensi energi alternatif, salah satunya adalah biomassa.

Pemanfaatan limbah biomassa sebagai sumber energi alternatif pada kondisi saat ini merupakan hal yang sangat bermanfaat, karena dapat mengurangi ketergantungan pada bahan bakar minyak (BBM). Salah satu limbah biomassa yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber potensi energi adalah tempurung kelapa. Tempurung kelapa dapat dimanfaatkan menjadi sumber energi alternatif dikarenakan memiliki kandungan karbon yang tinggi. Kandungan pada tempurung kelapa yang diuji melalui analisis proksimat dan analisis ultimat dapat dilihat pada Tabel 1. Pemanfaatan tempurung kelapa sebagai sumber energi alternatif salah satunya adalah dengan teknologi gasifikasi.

Tabel 1. Analisis proksimat dan ultimat tempurung kelapa

Analisis Proksimat	
Moisture Content (%)	2,29
Volatile Matter (%)	81,69
Fixed Carbon (%)	17,5
Ash (%)	0,83
HHV	19,43 MJ/kg
Analisis Ultimat	
C (%)	46,93
H (%)	3,96
O (%)	48,21
N (%)	0,71
S (%)	0,19

Sumber: (Inayat et al., 2018)

Gasifikasi merupakan suatu proses konversi termokimia dari bahan bakar yang memiliki kadar karbon pada suhu yang tinggi dan melibatkan sedikit

oksigen (O_2). Hasil dari gasifikasi adalah bahan bakar yang disebut *syngas* (*syntethic gas*) yang terdiri dari karbon monoksida (CO), hydrogen (H_2), karbon dioksida (CO_2), uap air (H_2O), nitrogen (N_2) dan beberapa hidrokarbon dalam jumlah yang sangat rendah seperti partikel karbon, tar dan abu (Couto et al., 2013). Teknologi gasifikasi dapat diaplikasikan dengan menggunakan alat yang disebut dengan *gasifier*.

Abineno (2012) dalam penelitiannya tentang *updraft gasifier* memperoleh hasil bahwa kinerja gasifikasi terbaik tercapai pada laju aliran udara input 462, 09 lpm dan tekanan bahan 0,024 kg/cm² diperoleh suhu proses gasifikasi 374,59°C, suhu maksimum proses gasifikasi 396, 48°C, suhu penyalan *syngas* 468,70°C, suhu maksimum *syngas* 639,74°C, waktu penyalan *syngas* 42,75 menit, laju pemakaian bahan bakar 6,02 kg/jam, waktu efektif proses gasifikasi 10 menit/kg, kandungan metan 0,5%, efisiensi proses gasifikasi 77,08%, dan efisiensi energi sebesar 3,37%. Saravanakumar et al., (2007) juga mengungkapkan bahwa pengujian *updraft gasifier* dengan bahan kayu kering Panjang menghasilkan tar sebanyak 3% dan pada kayu kering berukuran kecil sebanyak 1,67%.

Penelitian yang dilakukan oleh Gunawan et al., (2015) melalui proses gasifikasi tempurung kelapa menggunakan *updraft gasifier* menghasilkan gas mampu bakar $CO=13,32\%$; $CH_4=1,52\%$; $H_2=4,68\%$; $N_2=37,09\%$ dan $CO_2=38,21\%$. Penelitian gasifikasi tempurung kelapa menggunakan *updraft gasifier* juga dilakukan oleh Yuono et al., (2018) pada AFR 15% komposisi *syngas* yang dihasilkan yaitu $H_2=2,67\%$; $CO=40,70\%$; $CH_4=1,7\%$ dan LHV sebesar 5,53 MJ/m³. Oleh karena itu nilai kalor dihasilkan dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar konvensional.

Yahaya et al., (2019) yang melakukan penelitian proses gasifikasi tempurung kelapa dan cangkang kelapa sawit menggunakan *downdraft fixed bed reactor* dengan variasi ukuran bahan mendapatkan hasil bahwa komposisi *syngas* pada ukuran bahan 11 mm dengan suhu pembakaran hingga 900°C pada tempurung kelapa yaitu $H_2=13,3\%$; $CO=17,4\%$; $CO_2=16,7\%$ dan $CH_4=4,23\%$.

Penelitian tentang pengembangan gasifikasi biomassa menggunakan *updraft gasifier* dilakukan oleh (Aminudin, 2015) yang merancang *updraft gasifier* dengan metode hisap yang belum pernah digunakan sebelumnya. *Updraft gasifier* tipe hisap ini dapat menghisap suplai kebutuhan udara secara tepat dan dapat ditarik secara merata dari bawah

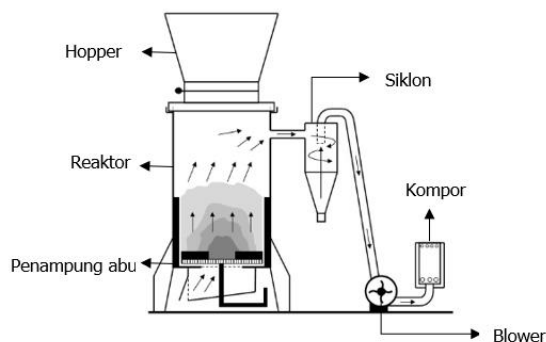
reaktor sehingga proses oksidasi dapat merata ke seluruh bahan biomassa sehingga pembakaran dapat lebih bagus dan menghasilkan efisiensi yang tinggi. Dalam penelitian tersebut diperoleh hasil pengujian dimana parameter yang paling mempengaruhi kapasitas nilai kalor output adalah parameter densitas bahan $\pi^4((D^2 * K_p^{1/2} * \rho) / Q_b)$. Karakteristik kinerja gasifikasi memiliki waktu efektif produksi *syngas* rata-rata sebesar 6,7 – 9,4 menit per kilogram bahan, suhu nyala api rata-rata terbaik yaitu sebesar 516,7°C, kadar abu rata-rata yang mampu dijatuhkan sebesar 173,16 gram, tetapi kadar tar yang dihasilkan sebesar 379,27 gram. Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan mengenai proses gasifikasi dengan pertimbangan beberapa permasalahan di atas, maka penelitian mengenai karakterisasi proses gasifikasi biomassa dengan menggunakan *updraft gasifier* tipe hisap perlu dilakukan untuk mengetahui bagaimana karakter proses gasifikasi biomassa menggunakan *updraft gasifier* tipe hisap sebagai pertimbangan untuk penggunaan energi alternatif selanjutnya. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui karakter proses gasifikasi biomassa menggunakan *updraft gasifier* tipe hisap, diantaranya waktu efektif nyala *syngas*, suhu ruang pembakaran, suhu nyala api *syngas*, massa arang dan abu sisa, massa tar, serta efektivitas proses gasifikasi.

II. METODE

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. *Updraft gasifier* tipe hisap (gambar 1)
2. Blower
3. Termokopel tipe K
4. Termometer digital
5. Timbangan pegas dan digital
6. *Hot wire anemometer*
7. Stopwatch
8. Tabung venoject dan jarum suntik
9. *Bomb calorimeter*



Gambar 1. *Updraft gasifier* tipe hisap

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tempurung kelapa dengan variasi ukuran 0-10 cm², 11-30 cm² dan 31-50 cm² yang telah dikeringkan terlebih dahulu hingga mencapai kadar air 8-15%. Bahan yang digunakan selama proses pembakaran pada setiap pengujian adalah sebanyak 5 kg dengan tambahan arang sebagai starter penyalaan api sebanyak 200 gram dan 5 ml minyak tanah.

Metode

Secara garis besar penelitian ini dilakukan dalam 3 tahapan yaitu pengujian proses gasifikasi, pengamatan dan perhitungan, dan analisis statistik untuk mengetahui pengaruh variasi yang dilakukan. Variasi yang dilakukan dalam penelitian ini adalah ukuran bahan yaitu 0-10 cm², 11-30 cm² dan 31-50 cm² dan laju aliran udara yaitu 0,17 m/s, 0,23 m/s dan 0,30 m/s. Penentuan laju aliran bahan ini dilakukan dengan menggunakan bukaan katup pada lubang dekat blower, dimana posisi bukaan katup tertutup (0,17m/s), ½ terbuka (0,23m/s) dan terbuka (0,3m/s).

Proses pengujian dimulai dari saat bahan dimasukkan ke dalam reaktor, yang kemudian dianggap sebagai menit ke-0 hingga menit ke 60.

Rancangan percobaan disusun sebagai kombinasi perlakuan factorial ukuran bahan dan laju aliran udara input. Parameter yang diamati pada penelitian ini antara lain waktu efektif nyala *syngas*, suhu ruang pembakaran, suhu nyala api *syngas*, massa arang dan abu sisa, massa tar, serta efektivitas proses gasifikasi.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Proksimat Tempurung Kelapa

Analisis proksimat tempurung kelapa dilakukan untuk mengetahui kadar karbon terikat, kadar abu, volatile dan kadar air yang terkandung pada bahan. Hasil analisis proksimat tempurung kelapa yang diuji di Lab. Biokimia Material Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada ditunjukkan pada Tabel 2.

Hasil uji proksimat secara umum menunjukkan potensi pembentukan *syngas* yang tinggi dari tempurung kelapa. kadar air yang cukup rendah, berkisar 9% juga berpotensi terbentuknya konsentrasi *syngas* yang lebih tinggi (Suhendi et al., 2016). Kadar air bahan yang rendah berpotensi meningkatkan temperatur reduksi, sehingga laju pengkonversian CO₂ menjadi CO pada daerah reduksi akan meningkat. Temperatur reduksi yang

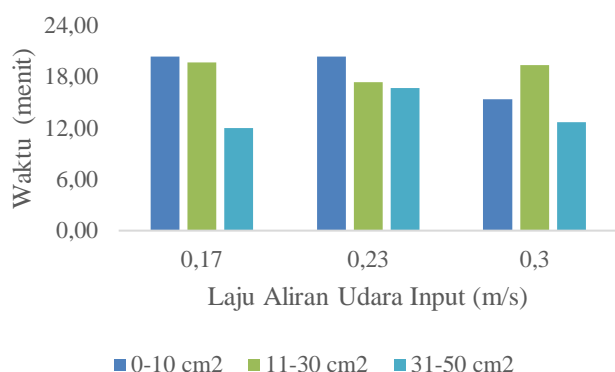
tinggi juga akan meningkatkan jumlah H_2O sehingga akan meningkatkan reaksi pembentukan H_2 dan CH_4 .

Tabel 2. Hasil analisis proksimat tempurung kelapa

Parameter	Nilai
Kadar air (%)	8,73 – 9,15
Kadar volatil (%)	85,4 - 89,4
Kadar abu (%)	0,12 - 0,30
Karbon terikat (%)	10,30 – 14,48

Waktu Efektif Nyala Syngas

Waktu efektif merupakan waktu total *syngas* hasil proses gasifikasi menyala dengan stabil. Waktu nyala *syngas* diukur sejak *syngas* hasil gasifikasi mulai terbakar dan menyala sampai mati. Pengaruh ukuran bahan dan laju udara terhadap waktu nyala *syngas* ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik waktu efektif penyalaan *syngas*

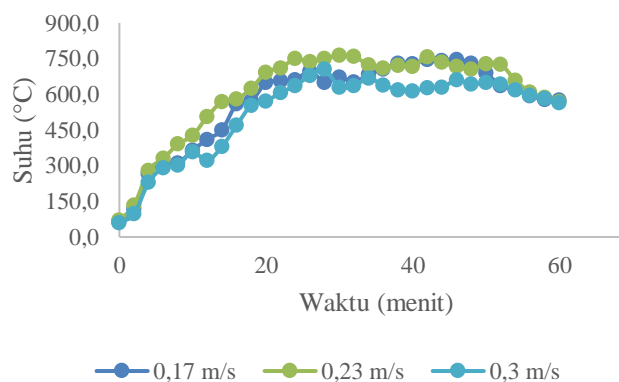
Waktu efektif nyala *syngas* berkisar antara 15-21 menit untuk setiap 5 kg tempurung kelapa. Waktu rata-rata nyala *syngas* paling cepat terjadi pada ukuran bahan 31-50cm² serta laju aliran udara 0,3 m/s. Hal ini menandakan semakin meningkatnya laju aliran udara yang masuk pada proses gasifikasi mengakibatkan nyala efektif *syngas* semakin cepat. Peristiwa ini mungkin terjadi akibat ketersediaan udara dalam proses pembakaran, didukung dengan tekstur tempurung kelapa yang berongga (terutama pada ukuran besar) memungkinkan udara yang masuk terlalu banyak sehingga membuat proses pembakaran menjadi semakin cepat karena bahan mudah terdekomposisi dan *syngas* yang dihasilkan semakin sedikit dan membuat waktu efektif nyala *syngas* menjadi singkat.

Hal ini didukung oleh penelitian Abineno (2012), dimana waktu penyalaan *syngas* sangat bergantung pada kecepatan bahan dapat terdekomposisi menjadi gas. Apabila bahan dapat

terdekomposisi dalam waktu yang singkat, maka waktu penyalaan *syngas* akan berlangsung singkat. Akan tetapi nyala *syngas* pada penelitian ini lebih panjang dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Gunawan dkk. (2015) dimana penelitian yang dilakukan pada *updraft gasifier* tipe konvensional dengan bahan bakar tempurung kelapa menghasilkan nyala *syngas* stabil selama 15 menit.

Suhu Ruang Pembakaran

Suhu proses gasifikasi yang diamati adalah suhu yang ditunjukkan termokopel yang dipasang pada zona oksidasi dan reduksi pada keseluruhan proses gasifikasi. Menit ke-0 pada grafik merupakan waktu saat bahan pertama kali dimasukkan. Pengamatan suhu dilakukan sejak bahan tempurung kelapa pertama kali dimasukkan ke dalam reaktor, hingga menit ke- 60. Perubahan suhu ruang pembakaran selama proses gasifikasi berlangsung ditunjukkan pada Gambar 3.



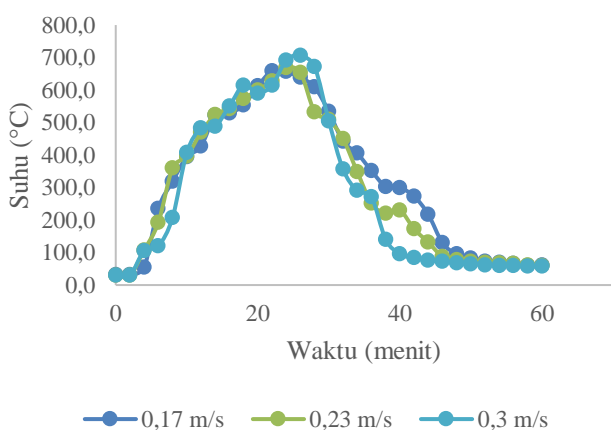
Gambar 3. Perubahan suhu pada ruang pembakaran

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada variasi laju aliran udara 0,23 m/s menghasilkan kenaikan suhu ruang pembakaran paling tinggi. Akan tetapi hal tersebut tidak terlalu berbeda nyata dengan variasi lainnya. Suhu pada ruang pembakaran berlangsung hingga mencapai 800°C, dimana pada suhu tersebut *synthetic gas* atau *syngas* sudah mulai terbentuk. Hal ini diperkuat dengan penelitian mengenai gasifikasi tempurung kelapa menggunakan *updraft gasifier* yang dilakukan oleh Vidian (2008), dimana gas mampu bakar yang dihasilkan dari *syngas* akan diperoleh apabila suhu ruang pembakaran mencapai 700°C. Suhu rata-rata proses gasifikasi tempurung kelapa menggunakan *updraft gasifier* tipe hisap ini lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Gunawan dkk. (2015) yang berkisar pada 246,9°C.

Suhu ruang pembakaran mempengaruhi komposisi gas yang terbentuk pada *syngas*, dimana suhu diatas 700°C *syngas* sudah terbentuk. Menurut Mahinpey & Gomez (2016), pada suhu ruang pembakaran di bawah 1000°C komposisi *syngas* khususnya CO dan H₂ meningkat seiring dengan meningkatnya suhu. Pada suhu yang lebih rendah dan laju reaksi yang lebih lambat, waktu yang dibutuhkan untuk mencapai konversi lebih lama.

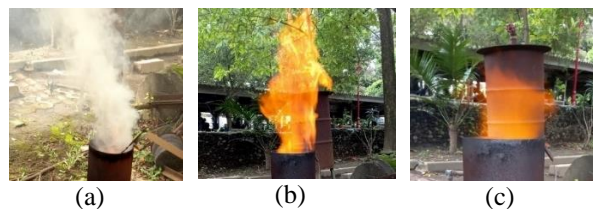
Suhu Kompor

Suhu kompor yang ditunjukkan pada Gambar 4 merupakan suhu yang ditunjukkan pada termokopel yang dipasang di bagian atas kompor. Suhu kompor diamati sejak menit ke-0 hingga menit ke 60 sejak bahan dimasukkan ke dalam reactor. Suhu pada kompor diamati sejak menit ke-0 dan semakin meningkat seiring dengan mulai terbentuknya *syngas*. Pada saat bahan mulai masuk ke dalam reactor *gasifier*, proses pembakaran mulai terjadi sehingga timbul sedikit asap, yang menandai terjadinya proses pengeringan dimana pada proses ini terjadi penguapan air yang terkandung dalam bahan. Semakin mendekati proses pirolisa dan gasifikasi, asap yang terbentuk semakin banyak dan cenderung pekat. Asap yang pekat tersebut menandakan *syngas* sudah mulai terbentuk (Gambar 5 (a)).



Gambar 4. Perubahan suhu pada kompor

Dari gambar 4 tersebut dapat terlihat pada menit ke-0 hingga menit ke-10 peningkatan suhu mulai terjadi setelah dimulainya pembakaran, dan mulai pengumpanan api dengan menggunakan bonggol jagung kering. Pada menit ke-10 hingga menit ke-30 suhu api meningkat hingga berkisar 400 - 700°C yang menandakan *syngas* sudah terbentuk, sehingga nyala api stabil gambar 5 (b).

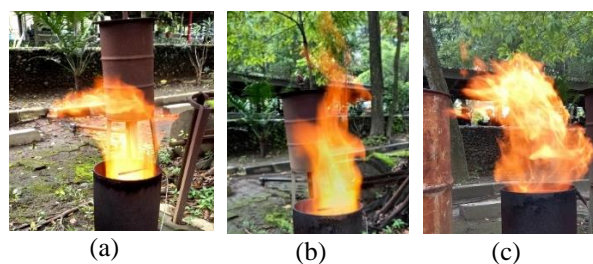


Gambar 5. Nyala api *syngas* (a) asap pekat tanda *syngas* terbentuk (b) stabil (c) hampir padam

Nyala api yang stabil ditandai dengan dengan solidnya api dan ketinggian api cenderung tinggi. Saat *syngas* hampir habis, nyala api cenderung berpusat namun tetap solid tetapi ketinggian api rendah. Kondisi tersebut berlangsung hingga nyala api padam. Setelah api padam, suhu kompor menurun tajam dan kembali menyesuaikan dengan suhu lingkungan.

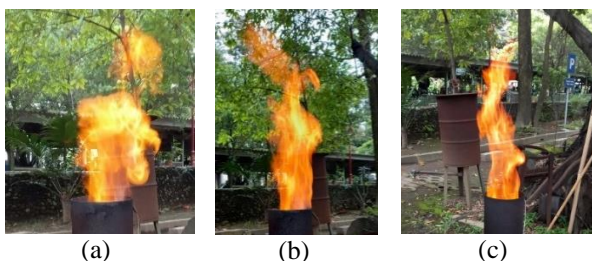
Visualisasi Nyala Api

Proses gasifikasi menghasilkan *syngas* yang kemudian dinyalakan dan menjadi api. Nyala api terlihat pada saat pembakaran dengan *syngas* sebagai sumber penyalanya. Nyala api yang terlihat pada kompor sangat dipengaruhi oleh suhu proses gasifikasi, dimana *syngas* mulai terbentuk saat gasifikasi berlangsung pada suhu >700°C. Nyala api pada proses gasifikasi tempurung kelapadengan menggunakan *updraft gasifier* tipe hisap dapat dilihat pada Gambar 6-8.



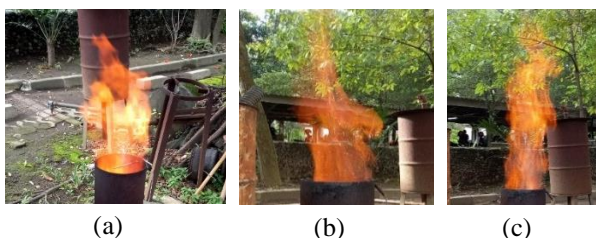
Gambar 6. Nyala api pada ukuran bahan 0-10 cm² dengan variasi laju aliran udara input (a) 0,17 m/s (b) 0,23 m/s (c) 0,3 m/s

Pada pengujian dengan ukuran bahan 0-10 cm² yang ditunjukkan pada Gambar 6, dapat terlihat bahwa nyala api pada ukuran kecil cenderung solid dan terkumpul di titik unggun (tengah api). Warna api pada laju aliran udara 0,17 m/s berwarna jingga. Tinggi nyala api tidak terlalu tinggi, akan tetapi semakin tinggi laju udara yang diinputkan nyala api cenderung melebar.



Gambar 7. Nyala api pada ukuran bahan 11-30 cm² dengan variasi laju aliran udara input (a) 0,17 m/s (b) 0,23 m/s (c) 0,3 m/s

Pada ukuran bahan 11-30 cm² yang ditunjukkan pada Gambar 7, dapat terlihat bahwa nyala api agak solid dan cenderung menyebar hingga ke atas. Tinggi nyala api pada variasi ini merupakan nyala api tertinggi dibandingkan dengan ukuran bahan lainnya. Warna api pada ukuran bahan 11-30 cm² berwarna jingga. Pada ukuran 11-30 cm², nyala api tidak solid seperti pada ukuran bahan 0-10 cm² yang dimungkinkan terjadi karena ukuran yang lebih besar dapat mengakibatkan adanya rongga yang diisi oleh udara. Sehingga memungkinkan adanya rongga yang diisi oleh udara dan mengakibatkan nyala api cenderung melebar (tidak solid pada titik unggun).



Gambar 8. Nyala api pada ukuran bahan 31-50 cm² dengan variasi laju aliran udara (a) 0,17 m/s (b) 0,23 m/s (c) 0,3 m/s

Sedangkan pada ukuran bahan 31-50 cm² nyala api sangat tipis dan banyak diselingi asap seperti yang terlihat pada Gambar 8. Nyala api pada ukuran bahan 31-50 cm² berwarna jingga, dan tinggi nyala api cukup tinggi walaupun tidak setinggi pada ukuran bahan 11-30 cm². Tempurung kelapa dengan potongan berukuran 31-50 cm² (besar) mengakibatkan banyaknya rongga yang terisi dengan udara, sehingga bahan lebih cepat terbakar akan tetapi kemungkinan bahan terbakar secara sempurna di dalam reaktor, sehingga *syngas* yang dihasilkan sedikit walaupun suhu pembakarannya sangat tinggi.

Massa Arang dan Abu Sisa

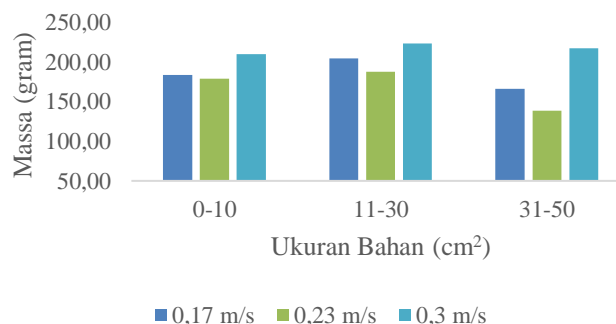
Arang dan abu merupakan sisa dari pembakaran dan proses reduksi. Pengukuran arang

dan abu dilakukan untuk mengetahui massa total sisa hasil gasifikasi. Penimbangan dilakukan setelah abu dan arang gasifikasi dikeringkan.



Gambar 9. Sisa pembakaran yang didominasi abu dan sedikit arang

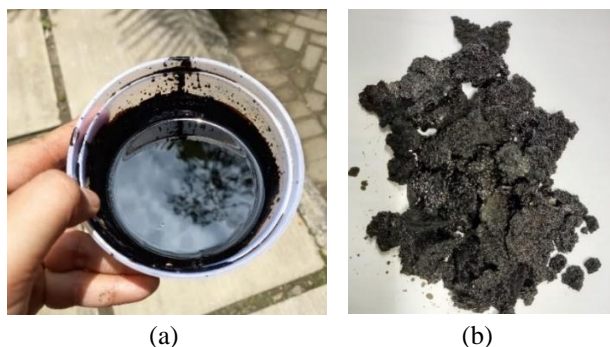
Massa arang dan abu tersisa yang dihasilkan pada penelitian ini masih tergolong dalam kategori rendah, hanya berkisar 2,5 - 4,5% dari seluruh bahan yang digunakan. Pada Gambar 10 dapat terlihat bahwa massa arang dan abu sisa paling tinggi pada laju aliran udara 0,3 m/s.



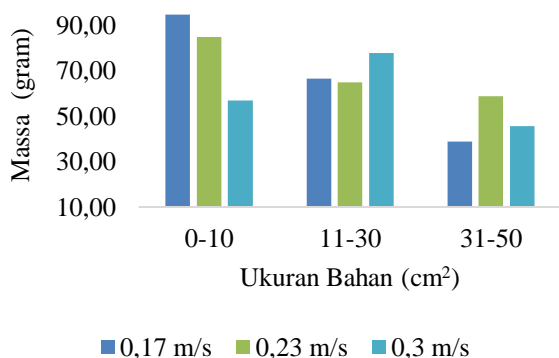
Gambar 10. Grafik massa abu dan arang sisa

Massa Tar

Tar merupakan cairan hitam kental yang terbentuk dari destilasi destruktif pada material organik yang bersifat korosif dan sangat merugikan. Tar terbentuk pada temperatur pirolisis yang kemudian terkondensasi dalam bentuk asap, atau cair pada temperatur yang lebih rendah. Salah satu kerugian penggunaan *updraft gasifier* adalah tingginya tar yang diproduksi karena aliran udara keatas, sehingga tar yang terkondensasi cenderung menempel pada bagian-bagian *gasifier* dan menghalangi laju *syngas* yang keluar. Tar yang diproduksi pada penelitian ini sebagian besar berupa cairan berwarna hitam kental, tetapi ada juga tar kering yang menggumpal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Tar yang dihasilkan (a) cair (b) kering



Gambar 12. Grafik massa tar yang dihasilkan

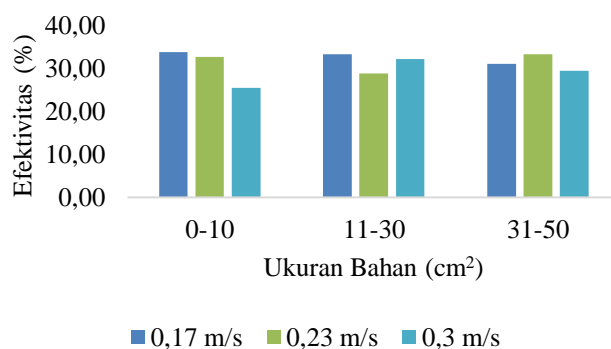
Pada variasi laju aliran udara, produksi tar tertinggi ada pada laju aliran udara 0,17 m/s dan yang terendah pada 0,3 m/s. Sedangkan pada variasi ukuran bahan, produksi tar tertinggi pada ukuran bahan 0-10 cm² dan terendah pada 31-50 cm². Pada ukuran bahan 0-10 cm² tekanan bahan lebih besar dibandingkan dengan ukuran bahan lainnya. Apabila tekanan bahan semakin besar maka proses pembakaran tidak dapat berlangsung dengan baik karena ikatan partikel antar bahan makin kuat, sehingga dapat menyebabkan ruang untuk proses pembakaran semakin sempit dan mengakibatkan tar yang dihasilkan tidak dapat direduksi.

Tar yang dihasilkan pada *updraft gasifier* tipe hisap ini masih tergolong rendah hanya berkisar 0,7 hingga 1,9% dari bahan yang digunakan. Hal ini senada dengan penelitian yang dilakukan oleh (Reed & H. LaFontaine, 1991) dimana kadar tar yang dihasilkan dari proses gasifikasi yang baik adalah pada 1-5%. Savaranakumar (2007) juga mengungkapkan bahwa pengujian *updraft gasifier* dengan bahan kayu kering panjang menghasilkan tar sebanyak 3% dan pada kayu kering berukuran kecil sebanyak 1,67%. Purwantana et al., (2013) menyatakan bahwa proses gasifikasi dengan jumlah tar yang besar menunjukkan bahwa proses gasifikasi masih didominasi oleh pirolisis sedangkan jumlah tar yang kecil menunjukkan bahwa proses reduksi

atau gasifikasi telah berjalan dengan baik karena tar mampu direduksi lebih lanjut menjadi gas mampu bakar yaitu CH₄, CO dan H₂.

Efektivitas

Efektivitas merupakan presentase perbandingan antara waktu efektif nyala *syngas* dibagi dengan waktu pengamatan proses gasifikasi. Waktu efektif nyala *syngas* merupakan waktu dimana *syngas* menyala yang terlihat pada nyala api di kompor. Waktu rata-rata efektif nyala *syngas* berkisar antara 15 hingga 21 menit. Nilai efektivitas proses gasifikasi menggunakan *updraft gasifier* tipe hisap ini berkisar antara 25 hingga 35 %.



Gambar 13. Grafik efektivitas proses gasifikasi

Pada Gambar 13 terlihat bahwa nilai efektivitas paling rendah terjadi pada laju aliran udara 0,3 m/s dan meningkat pada laju aliran yang lebih kecil. Hal ini membuktikan bahwa efektivitas meningkat seiring dengan berkurangnya laju aliran udara yang masuk ke dalam reaktor. Dengan kata lain, laju aliran udara input yang rendah dapat meningkatkan efektivitas proses gasifikasi. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Adelia (2013) yang menguji kinerja *updraft gasifier* berbahan bakar sekam dengan variasi input udara yang dipanaskan melalui perlakuan *preheating* dan *non preheating* dimana nilai efektivitas meningkat seiring dengan berkurangnya laju aliran udara yang masuk pada reaktor.

Analisis Statistik Pengaruh Ukuran Bahan dan Laju Aliran Udara

Analisis statistik *analysis of varians* (ANOVA) dua arah dilakukan untuk melihat pengaruh ukuran bahan dan laju aliran udara terhadap parameter kinerja gasifikasi. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Hasil pengujian ANOVA pengaruh ukuran bahan dan laju aliran udara

Parameter Pengujian	Nilai Fsig	
	Ukuran bahan	Laju aliran udara input
Waktu efektif nyala	0,193	0,688
Suhu ruang pembakaran	0,563	0,638
Suhu kompor	0,885	0,626
Massa arang dan abu sisa	0,219	0,035
Massa tar	0,127	0,810
Efektivitas	0,637	0,041

Berdasarkan hasil pengujian ANOVA dua arah tersebut dapat dilihat bahwa ukuran bahan tidak berpengaruh nyata terhadap seluruh parameter pengujian (p value $> 0,05$). Sedangkan laju aliran udara input memberikan pengaruh nyata terhadap massa arang dan abu sisa serta efektivitas proses gasifikasi (p value $< 0,05$).

IV. PENUTUP

Kesimpulan

Karakter *updraft gasifier* tipe hisap telah diamati kinerjanya pada proses gasifikasi biomassa tempurung kelapa. Hasil Penelitian menunjukkan karakter sebagai berikut waktu nyala efektif *syngas* selama 15 – 21 menit; suhu proses gasifikasi $> 700^{\circ}\text{C}$; suhu kompor berkisar antara $400-900^{\circ}\text{C}$; massa arang dan abu sisa 138,73 – 223,32gram; massa tar sebanyak 38,84 – 94,49 gram; serta efektivitas sebesar 25,56 – 33,89%. Visualisasi nyala api pada ukuran bahan $0-10\text{ cm}^2$ adalah berwarna jingga dan nyala api solid pada titik unggun, pada ukuran $11-30\text{ cm}^2$ nyala api berwarna jingga akan tetapi tidak solid serta nyala api cenderung tinggi, sedangkan pada ukuran $31-50\text{ cm}^2$ api berwarna jingga tetapi nyala api tipis dan diselimuti asap. Ukuran bahan tidak berpengaruh nyata terhadap seluruh parameter pengujian karakter proses gasifikasi, sedangkan laju aliran udara input berpengaruh nyata pada massa arang dan abu sisa dan efektivitas proses gasifikasi.

Saran

Perlu dilakukan pengujian lebih lanjut mengenai kandungan dalam syngas agar dapat dihitung nilai kalor yang terkandung pada syngas tersebut.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi

Republik Indonesia serta Politeknik Negeri Indramayu yang telah memberikan pembiayaan penelitian.

V. DAFTAR PUSTAKA

- Abineno, J. C. (2012). Analisis Kinerja Proses Gasifikasi Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKSS) menggunakan Updraft gasifier dengan Variasi Laju Aliran Udara dan Tekanan Bahan. *Tesis*. Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada.
- Adelia, S. (2013). Uji Kinerja Updraft Gasifier Berbahan Bakar Sekam Padi dengan Input Udara yang Dipanaskan. *Skripsi*. Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada.
- Aminudin, B. (2015). Pengembangan Rancangbangun Updraft gasifier Tipe Hisap dengan Penerapan Analisis Dimensi. *Tesis*. Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada.
- Couto, N., Rouboa, A., Silva, V., Monteiro, E., & Bouziane, K. (2013). Influence of the biomass gasification processes on the final composition of syngas. *Energy Procedia*, 36, 596–606. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2013.07.068>
- Gunawan, I. G. H., Sucipta, M., & Winaya, I. N. S. (2015). Analisis Performansi Reaktor Gasifikasi Updraft Dengan Bahan Bakar Tempurung Kelapa. *Jurnal METTEK*, 1(2), 28–34.
- Hutapea, A. F. (2017). Pengaruh Diameter Ruang Oksidasi dalam Tabung Reaktor terhadap Kinerja Gasifikasi Biomassa Tongkol Jagung, Tempurung Kelapa dan Sisa Kayu Jati menggunakan Updraft gasifier Tipe Hisap. *Tesis*. Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada.
- Inayat, M., Sulaiman, S. A., & Naz, M. Y. (2018). Thermochemical Characterization of Oil Palm Fronds, Coconut Shells, and Wood as A Fuel for Heat and Power Generation. *MATEC Web of Conferences*, 225. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201822501008>
- Mahinpey, N., & Gomez, A. (2016). Review of gasification fundamentals and new findings: Reactors, feedstock, and kinetic studies. *Chemical Engineering Science*, 148, 14–31. <https://doi.org/10.1016/j.ces.2016.03.037>

- Purwantana, B., Prastowo, B., & Abineno, J. C. (2013). Gasifikasi Tandan Kosong Kelapa Sawit menggunakan Updraft gasifier. *Jurnal Industri Teknologi Pertanian*, 7(1).
- Reed, T. B., & H. LaFontaine. (1991). Energy from Biomass and Wastes 15. *15th Annual Conference on Energy from Biomass and Wastes*, 1023–1049.
- Saravanakumar, A., Haridasan, T. M., Reed, T. B., & Bai, R. K. (2007). Experimental investigation and modelling study of long stick wood gasification in a top lit updraft fixed bed gasifier. *Fuel*, 86(17–18), 2846–2856. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2007.03.028>
- Suhendi, E., Rosyadi, I., & Nasorudin, T. A. (2016). Uji Kualitas Syngas Bahan Bakar Bonggol Jagung Terhadap Air Fuel Ratio (Afr) dan Kadar Air dengan Gasifikasi Downdraft. *Jurnal Integrasi Proses*, 6(2), 95–99.
- Vidian, F. (2008). Gasifikasi Tempurung Kelapa Menggunakan Updraft Gasifier pada Beberapa Variasi Laju Alir Udara Pembakaran. *Jurnal Teknik Mesin*, 10(2), 88–93. <https://doi.org/10.9744/jtm.10.2.pp.88-93>
- Yahaya, A. Z., Somalu, M. R., Muchtar, A., Sulaiman, S. A., & Wan Daud, W. R. (2019). Effect of particle size and temperature on gasification performance of coconut and palm kernel shells in downdraft fixed-bed reactor. *Energy*, 175, 931–940. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.03.138>
- Yuono, Y., Pertiwi, D. S., Farouk, A. Z., & Adlan, I. N. (2018). Pengaruh AFR Terhadap Karakteristik Gas Produser Hasil Gasifikasi Batok Kelapa. *Seminar Nasional Itenas 2019*, 1–5. <http://eprints.itenas.ac.id/278/>