

PENGARUH UKURAN CANGKANG KEMIRI PADA PROSES GASIFIKASI TERHADAP PERFORMA *GASIFIER* TIPE *UPDRAFT*

Handi Dwi Cahyo Kurniawan

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail : handikurniawan16050754037@mhs.unesa.ac.id

I Wayan Susila

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: wayansusila@unesa.ac.id

ABSTRAK

Indonesia adalah negara yang kaya akan rempah-rempah, tidak terkecuali kemiri. Salah satunya dengan memanfaatkan limbah cangkang kemiri menjadi gasifikasi biomassa. Gasifikasi adalah proses konversi energi yang berasal dari bahan padat (biomassa) menjadi *syngas* yang nantinya digunakan sebagai bahan bakar. Ukuran biomassa yang masuk kedalam gasifier akan mempengaruhi kualitas nyala api *syngas*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi ukuran cangkang kemiri terhadap kualitas nyala api *syngas* ditinjau dari visualisasi nyala api, lama nyala api, tinggi nyala api, temperatur nyala api. Variasi ukuran cangkang kemiri pada penelitian ini adalah Mesh 2, mesh 3, mesh 4 dan mesh 5 sebagai bahan bakar biomassa pada gasifikasi. Laju aliran udara atau *Air Fuel Ratio (AFR)* yang digunakan untuk pembakaran di dalam reaktor adalah 0,3 secara konstan disemua ukuran cangkang yang diuji. Didapatkan hasil terbaik dalam penelitian ini adalah pada ukuran cangkang kemiri mesh 2. Pada mesh 2 didapat visualisasi nyala api yang berwarna biru, rata-rata temperatur yang tertinggi 328°C, nyala api terlama dengan waktu 110 menit, dan dengan tinggi nyala api 21,9 cm. Pada mesh 2 merupakan perbandingan udara dan bahan bakar yang optimal dimana akan menjadapatkan hasil kualitas nyala api yang terbaik yang memiliki kandungan *flammable gas* yaitu CH₄ sebesar 4,08%, H₂ sebesar 6,10% serta CO sebesar 8,11%.

Kata kunci: Gasifikasi, Ukuran Cangkang Kemiri, Kualitas Nyala Api *Syngas*, *Flammable Gas*.

ABSTRACT

Indonesia is a country rich in spices, pecan is no exception. One of them is by utilizing candlenut shell waste to produce biomass gasification. Gasification is the process of converting energy from solid material (biomass) into *syngas* which is later used as fuel. The size of the biomass that enters the gasifier will affect the quality of the *syngas* flame. The purpose of this study was to determine the effect of variations in the size of candlenut shells on the flame quality of the *apisyngas* in terms of flame visualization, flame duration, flame height, and flame temperature. Variations in the size of candlenut shells in this study are Mesh 2, mesh 3, mesh 4 and mesh 5 as biomass fuel for gasification. The air flow rate or *Air Fuel Ratio (AFR)* used for combustion in the reactor is constant 0.3 in all shell sizes tested. The best results obtained in this study were on the size of the nutmeg shell 2. In mesh 2, the visualization of the blue flame was obtained, the highest average temperature was 328 °C, the longest flame was with a time of 110 minutes, and the flame height was 21.9 cm. In mesh 2 is the optimal air and fuel ratio which will get the best flame quality results which contain *flammable gas*, namely CH₄ of 4.08%, H₂ of 6.10% and CO of 8.11%.

Keywords: Gasification, Pecan Shell Size, *Syngas* Flame Quality, *Flammable Gas*.

PENDAHULUAN

Setiap tahun, konsumsi minyak Indonesia meningkat seiring dengan pertambahan jumlah penduduk dan perkembangan industrialisasi. Di sisi lain, produksi minyak nasional mengalami penurunan. Energi terbarukan harus digunakan sebagai sumber energi alternatif karena Indonesia

memiliki cadangan minyak yang sangat sedikit. Jika keadaan ini tidak segera diatasi maka Indonesia akan mengalami krisis energi yang berkepanjangan, akibatnya fatal, dan perekonomian nasional akan bangkrut, oleh karena itu perlu dicari dan dimanfaatkan sumber energi alternatif dan terbarukan yang memiliki potensi besar. Untuk mengatasi krisis energi, kita perlu

bekerja keras mencari sumber energi alternatif baru yang lebih murah dan terbarukan.

Sumber energi alternatif ini sangat cocok untuk dikembangkan di Indonesia. Ini mengacu pada sumber daya bahan bakar biomassa Indonesia yang kaya, seperti cangkang kemiri yang kurang dimanfaatkan.

Hampir semua bagian pohon kemiri digunakan untuk tujuan komersial, terutama di bidang energi dan manufaktur. Saat ini limbah cangkang kemiri yang ada di tempat pengepulan kemiri daerah Cirebon hanya digunakan sebagai bahan pengasapan buah kemiri agar tetap kering. Pengasapan di masyarakat akan mencemari lingkungan. Salah satu cara untuk mengatasi permasalahan di atas adalah dengan memanfaatkan limbah cangkang kemiri sebagai bahan baku biomassa gasifikasi. (Jamseng dan Johny, 2018).

Pemanfaatan biomassa biasanya dilakukan dengan pembakaran langsung untuk menghasilkan panas. Namun kelemahan dari pembakaran langsung adalah gas buang yang dihasilkan selama proses pembakaran tidak baik untuk lingkungan. Salah satu teknologi yang dikembangkan masa kini mengubah biomassa menjadi energi adalah gasifikasi biomassa Najib dan Sudjud (2012).

Gasifikasi adalah proses perubahan energi dari bahan padat (biomassa) menjadi *syngas*, yang kemudian dapat dipergunakan menjadi bahan bakar. Proses gasifikasi hampir mirip dengan proses pembakaran.

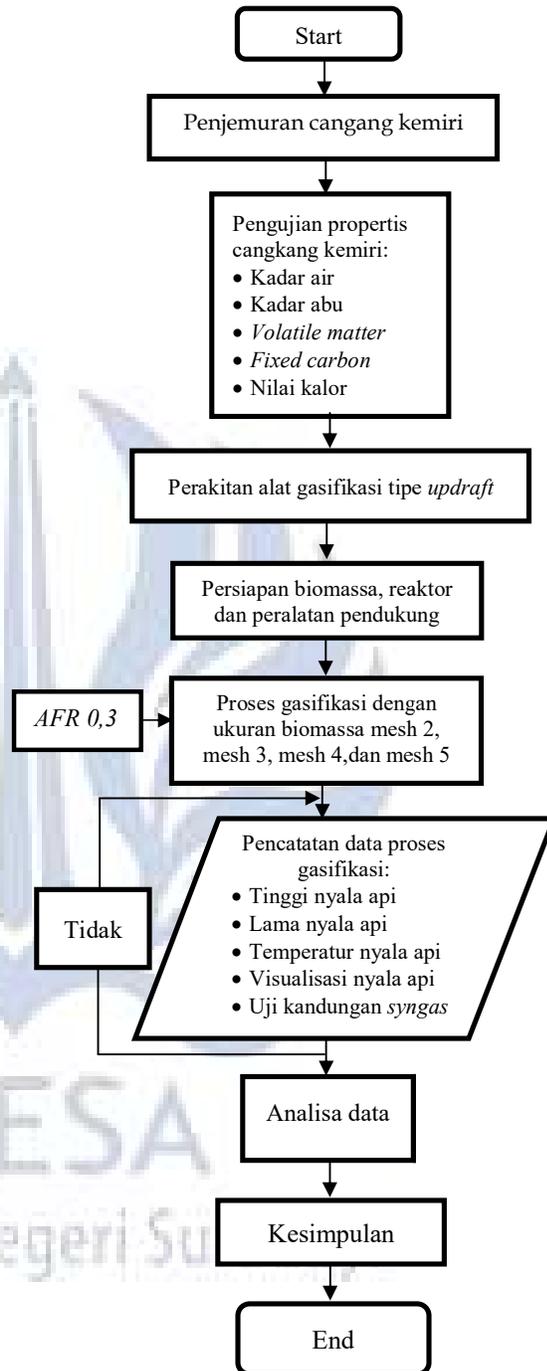
Penelitian Nur Aklis, dkk (2017) menyimpulkan bahwa besar kecilnya bahan bakar akan mempengaruhi kecepatan fluidisasi minimum dimana semakin kecilnya partikel kecepatan fluidisasi akan semakin kecil.

Penelitian Aditya Satria Nugroho (2019) menyimpulkan bahwa ukuran partikel bahan bakar berpengaruh terhadap hasil nyala api *syngas* yang dihasilkan, semakin besar ukuran partikel bahan bakar hasil nyala api yang dihasilkan semakin optimal.

Berdasarkan penelitian terdahulu di atas, maka akan dilakukan penelitian tentang ukuran cangkang kemiri berukuran mesh 2, mesh 3, mesh 4 dan mesh 5 sebagai biomassa dalam proses gasifikasi di Lab. Bahan Bakar dan Pelumas Jurusan Teknik Mesin UNESA.

METODE

Rancangan Penelitian

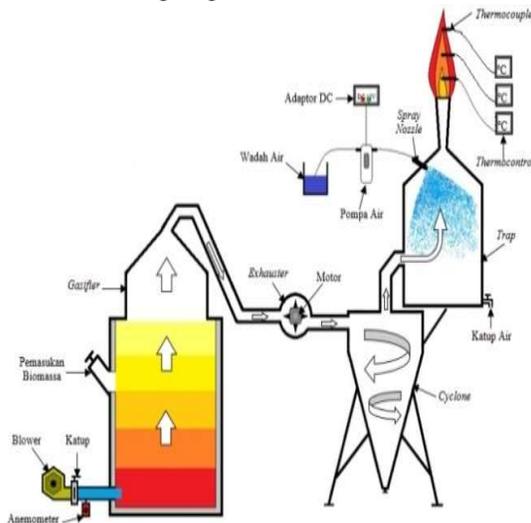


Gambar 1. Flowchart Penelitian

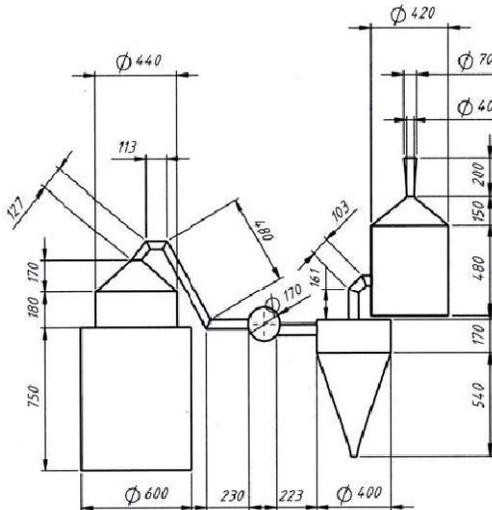
Obyek Penelitian

Obyek penelitian ini adalah :

- *Updraft Gasifier*
- Limbah Cangkang Kemiri



Gambar 2. *Updraft Gasifier*



Gambar 3. Spesifikasi alat



Gambar 4. Cangkang Kemiri

Instrumen Penelitian

Instrumen dalam penelitian ini sebagai berikut :

- *Thermocontrol*
- *Anemometer*
- *Thermocouple*
- Kaca box yang bergaris
- Timbangan
- *Stopwatch*

Variabel Penelitian

- Variabel Bebas
 - Variabel bebas penelitian ini yaitu cangkang kemiri mesh 2, mesh 3, mesh 4, dan mesh 5.
- Variabel Terikat
 - Variabel terikat penelitian ini yaitu temperatur api, tinggi api, lama api menyala dan hasil warna apinya.
- Variabel Kontrol
 - Variabel kontrol penelitian ini yaitu hasil AFR (*Air Fuel Ratio*) 0,3, berat cangkang uji 6 kg, laju aliran volume air pompa pada trap 400 ml/menit.

Prosedur Penelitian

- Tahap persiapan
 - Menyaring cangkang kemiri berdasarkan ukuran penelitian.
 - Mengecek alat *gasifier* yang akan dipakai.
 - Mempersiapkan alat yang dipakai pada penelitian.
 - Memasang alat instrumen yaitu *thermocontrol*, *thermocouple*, pompa air.
 - Mempersiapkan serta menimbang cangkang kemiri berdasarkan ukuran yang sudah ditentukan penelitian ini
 - Membuat cangkang kemiri sampai menjadi bara menggunakan pemantik seberat 0,5 kg.
- Tahap Penelitian
 - Memasukan cangkang kemiri setelah menjadi bara ke *gasifier*.
 - Memasukan 5,5 kg cangkang kemiri ke dalam *gasifier*.
 - Menyalakan blower aliran udara kemudian menyalakan pompa airnya di bagian trap.
 - Mengatur AFR sebesar 0,3
 - Menunggu cangkang kemiri didalam *gasifier* sampai zona pembakaran dan menjadi bara.
 - Membakar hasil *syngas* pada burner.
 - Mendokumentasi visualisasi warna nyala api *syngas*.

- Mengamati dan mencatat temperatur, tinggi, dan lama dari api *syngas*.
- Melakukan pengujian ulang dengan ukuran cangkang kemiri mesh 2, mesh 3, mesh 4, mesh 5.
- Akhir Pengujian
 - Mematikan kerja alat gasifikasi telah digunakan beserta instrumennya.
 - Membersihkan komponen dan alat gasifikasi.
 - Merapikan dan mengembalikan alat gasifikasi ketempat semula setelah pengujian.

Teknik Analisa Data

Analisa data yang dipakai pada penelitian ini ialah metode deskriptif kuantitatif dan diskriptif kualitatif. Hasil data yang didapat berdasarkan dari hasil pengujian dimasukkan ke tabel dan ditampilkan pada grafik. Kemudian data yang didapat dijelaskan memakai kalimat sederhana sehingga mudah untuk dipahami serta dimengerti.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Kandungan Biomassa

- Hasil Analisa *Proximate*
Cangkang kemiri telah dilakukan pengujian analisa *proximate* di Balai Riset Dan Standarisasi Industri Surabaya.

Tabel 4.1 Hasil uji *proximate* cangkang kemiri

No	Parameter	Satuan	Hasil
1	Kadar Air	%	8,72
2	Kadar Abu	%	3,56
3	<i>Volatile Matter</i>	%	67,48
4	<i>Fixed Carbon</i>	%	20,22

Idealnya kandungan air sebagai biomassa pada proses gasifikasi kurang dari 20%. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa dalam penelitian ini bahan baku yang digunakan sangat layak digunakan menjadi bahan bakar karena kadar airnya 8,72%.

Cangkang kemiri memiliki kadar abu sebesar 3.56%. Kadar abu mengindikasikan saat cangkang kemiri dibakar menyisakan sisa abu yang tidak sedikit.

Nilai (*volatile matter*) yang besar maka penyalan bahan bakar juga semakin cepat Cangkang kemiri memiliki kandungan zat volatil sebesar 67.48%. Zat volatil yang besar mengindikasikan bahwa cangkang kemiri akan cepat bereaksi dalam pembakaran.

Nilai *Fixed carbon* yang terkandung dalam cangkang kemiri adalah 20.22%. *Fixed carbon* berperan menjadi penghasil panas dalam proses pembakaran. Semakin besar nilai karbon padatnya, semakin besar zat yang dapat bereaksi selama pembakaran dan semakin baik juga reaksi pembakarannya.

- Nilai Kalor Biomassa Cangkang Kemiri

Tabel 4.2 Nilai kalor cangkang kemiri

Biomassa	Nilai Kalor
Cangkang Kemiri	4.554 kal/g

Semakin besar nilai karbon dalam biomassa, semakin besar nilai kalor yang dihasilkan, dan karbon tersebut akan teroksidasi oleh oksigen dalam reaksi pembakaran dan menghasilkan energi. Oleh sebab itulah hubungan antara nilai karbon sebanding dengan nilai kalornya.

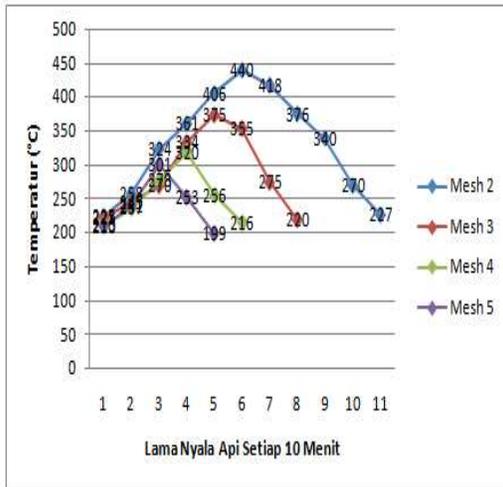
Hasil Penelitian dan Pembahasan

- Temperatur Nyala Api
Syngas hasil dari proses pembakaran di reaktor gasifikasi dibakar menggunakan pemantik api. Sehingga *syngas* dapat terbakar selanjutnya apinya diukur temperaturnya dengan 3 *termocouple*. Data pengukuran temperatur api bisa dilihat di bawah ini.

Tabel 3. Temperatur nyala api *syngas*

Ukuran Cangkang	Temperatur Rata-Rata Dari Tiga Thermocouple Tiap 10 Menit (°C)										Rata-Rata	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		11
Mesh 2	225	258	324	361	406	440	418	376	340	270	227	331
Mesh 3	223	245	270	334	375	355	275	220				287
Mesh 4	213	237	278	320	256	216						253
Mesh 5	210	241	301	253	199							240

Perbandingan temperatur nyala api *syngas* dengan variasi ukuran biomassa mesh 2, mesh 3, mesh 4, dan mesh 5 bisa dilihat pada grafik berikut ini:



Gambar 5. Grafik temperatur nyala api

Rata-rata temperatur api ukuran biomassa mesh 2, mesh 3, mesh 4, mesh 5 dengan memakai *AFR* 0,3 berturut-turut yaitu 331°C, 287°C, 253°C, 240°C. Berdasarkan penelitian (Sudarmanta, 2017) besarnya *air fuel ratio* masih di bawah 1,5 yang mana nilai tersebut memungkinkan terjadinya proses gasifikasi.

Selama proses pembakaran, produksi *syngas* dan suplai udara yang lebih banyak, Hal yang mempengaruhi rata-rata temperatur mesh 2 lebih tinggi hal ini dikarenakan porositas antar biomassanya lebih kecil sehingga menghasilkan kandungan gas yang mudah terbakar lebih banyak.

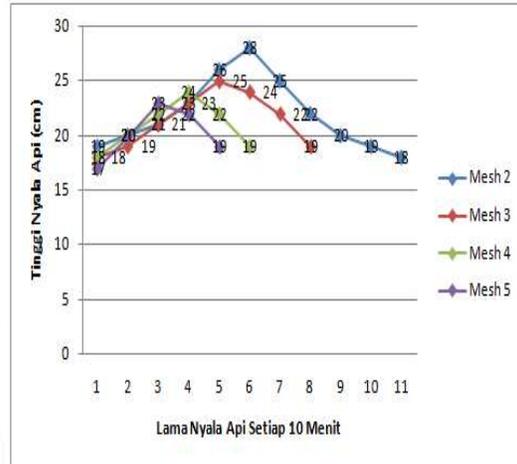
• Tinggi nyala api *syngas*

Pengukuran hasil tinggi api yang menyala menggunakan milimeter block dan juga box kaca yang berfungsi agar api dapat diukur dengan valid dan tidak ada pengaruh dari luar yaitu angin.

Tabel 4. Tinggi nyala api *syngas*

Ukuran Cangkang	Tinggi Nyala Api <i>Syngas</i> setiap 10 Menit ke (cm)											Rata-Rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Mesh 2	19	20	21	23	26	28	25	22	20	19	18	21,90
Mesh 3	18	19	21	23	25	24	22	19				21,37
Mesh 4	18	20	22	24	22	19						20,83
Mesh 5	17	20	23	22	19							20,20

Hasil pengukuran bisa dilihat pada grafik di bawah ini yang merupakan hasil pengukuran tingginya api menggunakan biomassa berukuran mesh 2, mesh 3, mesh 4 dan mesh 5.



Gambar 6. Grafik tinggi nyala api

Rata-rata tinggi api cangkang kemiri mesh 2, mesh 3, mesh 4 dan mesh 5 berturut-turut adalah 21,90 cm, 21,37 cm, 20,83 cm dan 20,20 cm. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa semakin banyak biomassa yang terbakar secara maksimal, semakin banyak *syngas* yang dihasilkan, dan semakin tinggi nyala apinya.

Mesh 2 nyala api tertinggi adalah 28 cm, sedangkan mesh 3, mesh 4 dan mesh 5 berturut-turut adalah 25 cm, 24 cm dan 23 cm, setelah nyala api mencapai nyala maksimum kualitas gas menurun. Kemudian temperatur apinya akan menurun, dan kemudian ketinggian nyala api akan berkurang.

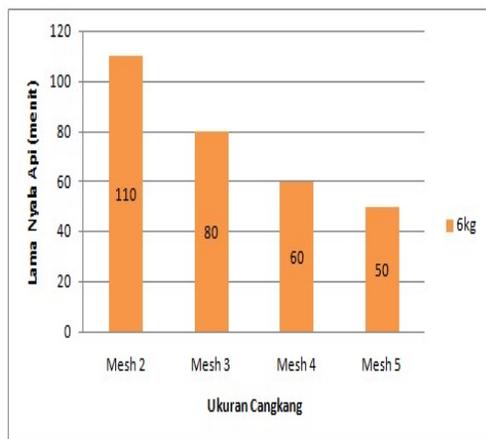
• Lama Nyala Api *Syngas*

Syngas yang dibakar akan diukur lamanya nyala api nya dengan menggunakan *stopwatch*. Pengukuran lamannya api menyala dengan cara *syngas* disulut menggunakan pemantik api hingga menyala stabil kemudian menunggu hingga pembakaran biomassa cangkang kemiri di dalam gasifier habis sehingga menghasilkan *syngas* yang tidak begitu pekat sehingga tidak dapat terbakar lagi.

Tabel 5. Lama nyala api *syngas*

Ukuran Cangkang	Massa Cangkang Kemiri (Kg)	Lama Nyala Api (Menit)
Mesh 2	6	110
Mesh 3	6	80
Mesh 4	6	60
Mesh 5	6	50

Hasil pengujian dapat dilihat di grafik bawah ini yang merupakan lama nyala api dengan menggunakan mesh 2, mesh 3, mesh 4 dan mesh 5.

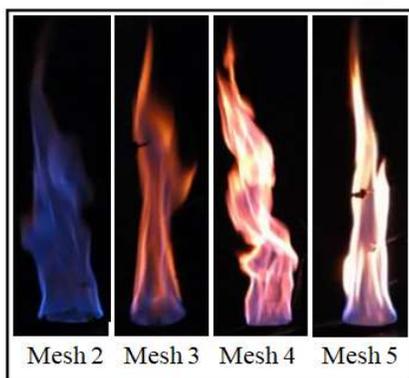


Gambar 7. Grafik lama nyala api

Durasi nyalanya api dengan ukuran biomassa mesh 2, mesh 3, mesh 4, mesh 5 berturut-turut adalah 110 menit, 80 menit, 60 menit, 50 menit. Hal ini dapat dilihat dari data di atas bahwa semakin kecil biomassanya durasi nyala apinya semakin singkat.

Data tersebut menunjukkan biomassanya berukuran lebih kecil maka suhu dalam *gasifier* selama pembakaran juga akan semakin naik, karena semakin kecil cangkang akan memberikan ruang udara yang lebih sedikit. Ukuran cangkang kemiri yang lebih kecil menghasilkan kontak luas permukaannya lebih besar maka laju pembakarannya menjadi lebih cepat dan sebanding dengan habisnya biomassa dalam *gasifier* yang lebih cepat.

- Visualisasi Nyala Api



Gambar 8. Visualisasi nyala api

Hasil pengamatan api pada biomassa berukuran mesh 2 apinya dominan biru dengan ujung kemerahan, mesh 3 apinya sedikit biru dan dominan merah, mesh 4 apinya dominan merah sedikit kuning, mesh 5 apinya merah pucat. Dibandingkan dengan mesh 3, mesh 4 dan mesh 5 dengan luas permukaan lebih kecil, mesh 2 memiliki visualisasi api terbaik mengindikasikan campuran bahan bakar dan udara optimal.

- Uji Kandungan *Syngas* dan Nilai Kalor

Uji kandungan *syngas* bertujuan untuk mengetahui produksi CO, H₂ dan CH₄, Dimana ukuran cangkang mesh 2 dengan hasil temperatur terbaik, tinggi api terbaik dan lama nyala terlama serta visualisasi warna api biru. Uji kandungan *Syngas* dilakukan di Laboratorium Balai Penelitian Dan Konsultasi Industri Jawa Timur.

Tabel 6 Hasil uji kandungan dan nilai kalor *syngas*

Bahan Uji	%CH ₄	%H ₂	%CO	Nilai Kalor (kcal/kg)
<i>Syngas</i> Mesh 2	4,08	6,10	8,11	5122,50

Dari tabel di atas diketahui kandungan *syngas* cangkang kemiri mesh 2 bahwa CH₄ sebesar 4,08%, H₂ sebesar 6,10% serta CO sebesar 8,11% dimana itu mempengaruhi tingkat *flammable gas*. Ditinjau dari warna api *syngas* bahwa semakin kaya gas mampu bakar di *syngas*, nyala apinya biru, semakin sedikit kandungan gas mampu bakar di *syngas*, nyala merah-kuning. Semakin tinggi kandungan zat yang *flammable* maka kualitas api juga akan semakin tinggi (Najib, 2012).

Nilai kalor *syngas* didapat 5122,50 kcal/kg. Jika api cenderung merah, artinya bahan yang terbakar dalam api memiliki nilai kalor yang relatif rendah, atau udara hanya sedikit mengganggu proses pembakaran, sehingga campuran menjadi kaya. Jika api berwarna biru, sebaliknya yang terjadi, menunjukkan bahwa bahan bakar memiliki nilai kalor tinggi atau pencampuran yang buruk. Semakin tinggi nilai kalor maka hasil pembakaran dalam reaktor mengindikasikan proses gasifikasi yang optimal.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, terhadap proses gasifikasi menggunakan *updraft gasifier*

dengan biomassa cangkang kemiri, diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Temperatur rata-rata nyalanya api *syngas* tertinggi pada ukuran cangkang kemiri mesh 2 dengan rata-rata temperatur 328°C dan temperatur tertinggi didapat 440°C di menit ke-60 nyala api *syngas*. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar ukuran cangkang kemiri maka semakin besar temperatur nyala api *syngas* yang dihasilkan dan setelah menit ke-60 temperatur nyala api mengalami penurunan sehingga dapat disimpulkan setelah 60 menit api menyala *syngas* yang dihasilkan sudah berkurang.
- Tinggi rata-rata nyala api *syngas* tertinggi pada ukuran cangkang kemiri mesh 2 dengan rata-rata tinggi api 21,90 cm dan tinggi nyala api tertinggi didapat 28 cm di menit ke-60 nyala api *syngas*. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar ukuran cangkang kemiri maka semakin tinggi nyala api yang dihasilkan, dimana tinggi nyala api dipengaruhi *AFR* yang digunakan dan dalam penelitian ini menggunakan nilai *AFR* yang sama yaitu 0,3 sehingga dapat disimpulkan besarnya *AFR* 0,3 dengan ukuran cangkang kemiri mesh 2 memiliki campuran pembakaran yang optimum dalam reaktor. Hasil optimum didapat setelah api menyala 60 menit dengan tinggi api 28 cm setelah itu tinggi api mengalami penurunan yang menandakan *syngas* yang dihasilkan dari pembakaran sudah mengalami penurunan.
- Lama nyala api *syngas* pada ukuran cangkang kemiri mesh 2 dengan lama nyala api selama 110 menit. Hal ini menandakan bahwa ukuran cangkang kemiri mempengaruhi lama nyala api yang dihasilkan, yaitu semakin besar ukuran cangkang kemiri waktu nyala api juga semakin lama dikarenakan ukuran cangkang kemiri yang semakin kecil maka laju pembakaran yang terjadi di dalam reaktor semakin cepat yang sehingga cangkang kemiri cepat habis.
- Warna api pada ukuran cangkang kemiri mesh 2 dengan warna api berwarna dominan biru dengan ujung kemerahan. Ini menandakan kualitas *flammable gas* yang besar serta dapat dikatakan pembakaran di dalam reaktor maksimal.
- Kandungan *syngas* mesh 2 didapat CH₄ sebesar 4,80%, H₂ sebesar 6,10% dan CO sebesar 8,11%. Kandungan gas mampu bakar (*flammable gas*) yang terdiri atas CH₄, H₂ dan

CO, semakin tinggi *flammable gas* semakin tinggi pula kualitas *syngas* yang dihasilkan. Sedangkan Nilai Kalor yang didapat adalah 5122,50 kcal/kg. Nilai kalor yang tinggi mengindikasikan pembakaran di biomassa dan udara pada reaktor secara optimal sehingga memiliki energi panas yang

Saran

Setelah penyelesaian penelitian dengan menggunakan *updraft gasifier* dengan biomassa limbah cangkang kemiri, maka didapatkan saran sebagai berikut:

- Sebaiknya ada penelitian lebih lanjut yang meneliti distribusi temperatur pada *gasifier*.
- Perlunya ada penelitian lain tentang ukuran biomassa lainnya agar dapat membandingkan hasil terbaik.
- Perawatan berkala dan pembersihan setelah melakukan pengujian akan menjaga keawetan dan kinerja alat dan instrumen gasifikasi pada saat melakukan pengujian.
- Perlunya dilakukan penelitian dengan tipe reaktor gasifikasi tipe yang lain untuk membandingkan mana yang terbaik.

DAFTAR PUSTAKA

- Jemseng Carles Abineno, dan Johny Agustinus Koylal. 2018. *Gasifikasi Limbah Tempurung Kemiri Sebagai Energi Alternatif Menggunakan updraft Gasifier pada laju Aliran Udara Berbeda*. Jurnal Teknik Pertanian Lampung Vol.7, No. 3:175-180
- Najib, Lailun dan Sudjud, Darsopuspito. 2012. *Karakterisasi Proses Gasifikasi Biomassa Tempurung Kelapa Sistem Downdraft Kontinyu Dengan Variasi Perbandingan Udara-Bahan Bakar (AFR) dan Ukuran Biomassa*. Jurnal Teknik ITS 1 (1): B-12.
- Nur Aklis, dkk. 2017. *Pengaruh Ukuran Bahan Bakar Terhadap Hasil Gas Reaktor Bubbling Fluidized Bed Gasifier*.
- Satriya Nugroho, Aditya. 2019. *Pengaruh Variasi Ukuran Cangkang Sawit Pada Proses Gasifikasi Terhadap Performa Gasifier Tipe Updraft*.
- Sudarmanta, Bambang & Kadarisman. 2010. *Pengaruh Suhu Reaktor dan Ukuran Partikel Terhadap Karakterisasi Gasifikasi Biomassa Tongkol Jagung Pada Reaktor Downdraft*. Prosiding Seminar Nasional Pasca Sarjana ITS.
- Tim Penyusun. 2014. *Buku Pedoman Penulisan*

Skripsi Unesa. Surabaya: Unesa.

UNESA. 2000. *Pedoman Penulisan Artikel Jurnal*,
Surabaya: Lembaga Penelitian Universitas
Negeri Surabaya.

