

PENGARUH UKURAN LUBANG *NOZZLE* AIR TERHADAP NYALA API PADA GASIFIKASI BIOMASSA CANGKANG KEMIRI

Ben Umar Rahinwari

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: benrahinwari16050754062@mhs.unesa.ac.id

I Wayan Susila

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: wayansusila@unesa.ac.id

Abstrak

Gasifikasi adalah proses konversi energi dari bahan padat (biomassa) menjadi *syngas* (gas hasil sintesa). Salah satu bagian pada reaktor gasifikasi ialah *trap* dimana fungsinya sebagai penyaring akhir dari *syngas* yang keluar dengan menggunakan fluida air yang disemprotkan melalui *nozzle* sehingga terbentuk butiran-butiran *spray*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh ukuran lubang *nozzle* terhadap nyala api ditinjau dari tinggi nyala api, lama nyala api, temperatur nyala api, dan visualisasi nyala api. Penelitian ini menggunakan metode ekperimental, deskriptif kuantitatif dan deskriptif kualitatif yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi ukuran lubang *nozzle* air 0,3 mm, 0,4 mm, 0,5 mm pada bagian *trap* terhadap kualitas nyala api. Objek yang digunakan adalah *gasifier* tipe *updraft* dengan bahan bakar biomassa cangkang kemiri. Instrumen penelitian dalam pengambilan data menggunakan alat ukur anemometer, *thermometer*, *stopwatch*, kaca bergaris, dan kamera. Didapatkan hasil terbaik dalam penelitian ini adalah pada ukuran lubang *nozzle* air 0,3 mm. Pada ukuran 0,3 mm didapatkan tinggi nyala api sebesar 22 cm, nyala api terlama 110 menit, rata-rata temperatur nyala api 331 °C, dan visualisasi nyala api berwarna biru dominan. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa ukuran lubang *nozzle* air 0,3 mm berpengaruh terhadap kualitas nyala api.

Kata Kunci: gasifikasi, cangkang kemiri, *trap*, *syngas*, nyala api

Abstract

Gasification is the process of converting energy from solid materials (biomass) to syngas (synthesized gas) which will be used as fuel. One part of the trap gasification reactor, which functions as the final filter of the syngas that comes out using water fluid that is sprayed through the nozzle to form spray granules. The purpose of this study was to see the effect of nozzle hole size on the flame in terms of flame height, flame duration, flame temperature, and flame visualization. This research uses experimental, quantitative descriptive, and qualitative descriptive methods which aim to determine the effect of variations in the size of the water nozzle holes of 0.3 mm, 0.4 mm, 0.5 mm in the trap section on the quality of the flame. The object used was an updraft gasifier with candlenut shell biomass as fuel. The research instrument in data collection used an anemometer, a thermometer, a stopwatch, a striped glass, an a camera. The best result in this study were obtained at water nozzle hole size of 0.3 mm. At a size of 0.3 mm, the flame height is 22 cm, the longest flame is 110 minutes, the average temperature of the flame is 331 °C, and the visualization of the blue flame is dominant. Thus it can be concluded that the size of the water nozzle hole 0.3 mm affect the quality of the flame.

Keywords: gasification, candlenut shell, *trap*, *syngas*, flame

PENDAHULUAN

Minyak bumi merupakan salah satu sumber daya alam yang sangat diperlukan oleh manusia. Minyak bumi merupakan komoditas vital yang menguasai hajat hidup orang banyak dan mempunyai peranan penting dalam perekonomian nasional. Di sisi lain, jumlah produksi minyak bumi nasional setiap tahunnya semakin menurun. Jika kondisi ini tidak segera teratasi, Indonesia akan mengalami krisis energi yang bisa mengakibatkan

kebangkrutan ekonomi nasional sehingga perlu suatu usaha untuk mencari potensi sumber energi alternatif baru dan terbarukan lainnya.

Salah satu energi alternatif baru terbarukan adalah biomassa. Biomassa memanfaatkan bahan biologis tumbuhan sebagai sumber bahan bakar. Saat ini, limbah pertanian dan domestik merupakan bagian utama yang menjadi sumber biomassa. Di Indonesia tanaman kemiri merupakan komoditas penting. Hal ini disebabkan kemiri memiliki nilai ekonomis yang tinggi karena digunakan

dalam bahan pangan dan kosmetik, serta didukungnya potensi alam dan iklim sehingga Indonesia kaya akan hasil perkebunannya. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik 2016 di Provinsi Sumatera Utara penghasil kemiri terbesar berlokasi di Kabupaten Karo dan Dairi. Menurut Dinas Perkebunan Sumatera Utara, Kabupaten Karo memiliki luas wilayah perkebunan 1.621 hektar dengan jumlah produksi 1.709 ton dan Kabupaten Dairi memiliki luas wilayah perkebunan 4.147 hektar dengan jumlah produksi 7.176 ton.

Hampir semua bagian tanaman kemiri digunakan secara komersial, terutama di sektor pangan, kosmetik, dan energi. Pada dasarnya, cangkang kemiri memiliki penggunaan yang terbatas, meski sebagian lagi dimanfaatkan sebagai bahan bakar pengasapan kemiri supaya tetap kering. Namun pengolahan pengasapan cangkang kemiri yang dilakukan masyarakat bisa mencemari lingkungan. Salah satu solusi untuk mengatasi masalah di atas adalah dengan cara memanfaatkan limbah tempurung kemiri menjadi bahan baku biomassa gasifikasi (Jemseng, 2018).

Gasifikasi adalah proses konversi energi berdasarkan bahan padat (biomassa) menjadi *syngas* (gas hasil sintesa) yang nantinya bisa dipakai menjadi bahan bakar. Proses gasifikasi ini hampir memiliki kemiripan dengan proses pembakaran, namun jumlah pemasukan udara ke dalam sistem gasifikasi dibatasi. *Trap* adalah salah satu komponen gasifikasi yang bertindak sebagai filter akhir untuk gas keluaran dari komponen *cyclone* dimana gas tersebut akan dibawa bersentuhan dengan fluida pembersih dalam bentuk fluida air dengan metode penyemprotan, aliran maupun kontak lainnya.

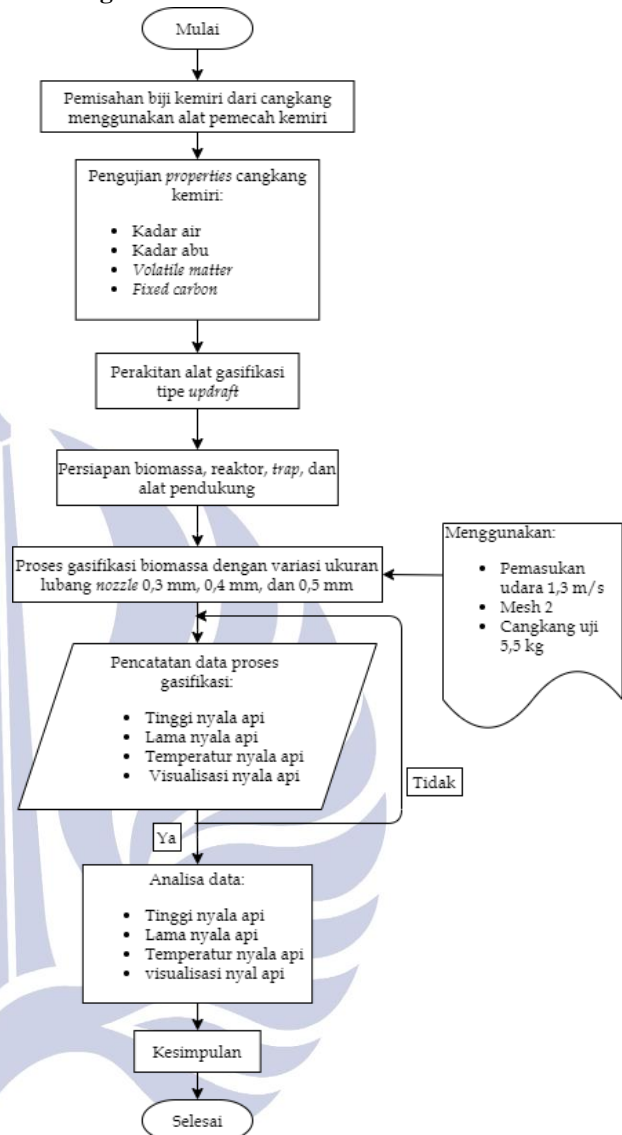
Riansyah (2015) melakukan penelitian membandingkan reactor *trapping* lama dengan rancangan yang baru. Dimana hasil *reactor trapping* yang baru memperlihatkan tinggi nyala api sebesar 32 cm, lama nyala api selama 55 menit, temperatur nyala api sebesar 402 °C dan visualisasi api berwarna biru.

Menurut penelitian yang dilakukan Wicaksono (2019) didapatkan hasil terbaik nyala api tertinggi pada diameter *nozzel* 0,5 mm dengan bukaan katup 70°, sedangkan hasil terbaik temperatur nyala api, lama nyala api, dan warna nyala api dihasilkan pada diameter *nozzel* 0,3 mm dengan bukaan katup 90°.

Berdasarkan penelitian terdahulu diatas, maka peneliti akan melakukan penelitian tentang “Pengaruh Ukuran Lubang *Nozzle* Air terhadap Nyala Api pada Gasifikasi Biomassa Cangkang Kemiri”.

METODE

Rancangan Penelitian

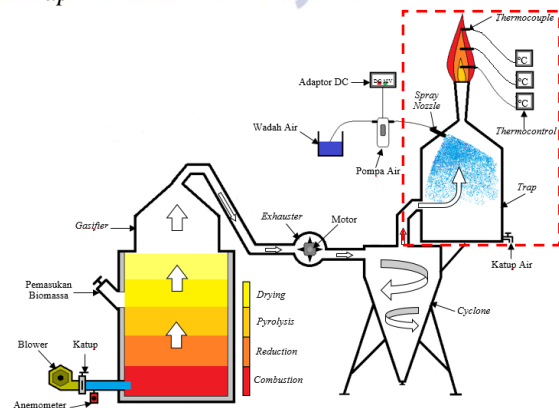


Gambar 1. Flowchart Rancangan Penelitian

Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah:

- Reaktor gasifikasi *updraft*
- *Trap*



Gambar 2. Skema Reaktor Gasifikasi *Updraft*



Gambar 3. *Trap*

Instrumen Penelitian

- Anemometer
- *Thermometer*
- *Stopwatch*
- Timbangan
- Kaca bergaris
- Kamera

Variabel Penelitian

- Variabel bebas
 - Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu variasi ukuran lubang *nozzle* 0,3 mm, 0,4 mm, dan 0,5 mm.
- Variabel terikat
 - Variabel terikat dalam penelitian ini yaitu tinggi nyala api, lama nyala api, temperatur nyala api, dan visualisasi nyala api.
- Variabel kontrol
 - Variabel kontrol dalam penelitian ini yaitu pemasukan udara 1,3 m/s, ukuran cangkang kemiri (*mesh*) 2, berat cangkang uji 5,5 kg.

Prosedur Penelitian

- Tahap persiapan
 - Membersihkan *gasifier* yang akan digunakan.
 - Menyiapkan cangkang kemiri.
 - Menyiapkan serta memasang *blower*, anemometer, *thermometer*, pompa air, *nozzle*, kaca bergaris, dan wadah air.
 - Menimbang cangkang kemiri sebesar 5,5 kg.
 - Menimbang cangkang kemiri sebesar 0,5 kg kemudian membakarnya untuk bara awal pembakaran.
- Tahap penelitian
 - Memasukkan bara cangkang kemiri ke dalam *gasifier*.
 - Memasukkan cangkang kemiri ke dalam *gasifier* sebesar 5,5 kg.
 - Menghidupkan *blower* dan pompa air.

- Memutar bukaan *valve* yang diukur menggunakan anemometer untuk mengatur kecepatan *blower* dan jumlah pemasukan udara ke dalam *gasifier*.
- Menunggu cangkang kemiri pada zona pembakaran hingga menjadi bara.
- Membakar *syngas* yang dihasilkan dari proses gasifikasi pada bagian *burner* menggunakan pemantik.
- Mengamati serta mencatat tinggi nyala api, lama nyala api, temperatur nyala api, serta mengambil gambar visualisasi nyala api.
- Melakukan pengulangan pengujian dengan variasi ukuran lubang *nozzle* yang berbeda yaitu 0,3 mm, 0,4 mm, dan 0,5 mm.
- Tahap akhir
 - Mematikan *blower*, pompa air, dan alat pendukung lainnya yang telah digunakan pada alat gasifikasi.
 - Membersihkan peralatan gasifikasi.
 - Merapikan kembali komponen gasifikasi dan alat-alat pengujian.

Teknik Analisis Data

Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini dengan menggunakan metode eksperimental, deskriptif kuantitatif dan deskriptif kualitatif. Dimana data hasil penelitian yang didapat dimasukkan ke dalam bentuk tabel dan ditampilkan dalam bentuk grafik. Selanjutnya akan dideskripsikan bagaimana data yang diperoleh dalam bahasa/kalimat yang mudah dipahami dan dimengerti guna mendapatkan jawaban atas permasalahan yang diteliti.

HASIL DAN PEMBAHASAN

• Analisis *Proximate*

Biomassa yang digunakan adalah cangkang kemiri yang telah dilakukan pengujian analisis *proximate* di Balai Riset dan Standarisasi Industri (BARISTAN) Surabaya.

Tabel 1. Hasil Analisis *Proximate* Cangkang Kemiri

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

Biomassa untuk bahan baku gasifikasi yang paling ideal memiliki kandungan air kurang dari 20%. Sehingga dapat dikatakan bahwa pada biomassa cangkang kemiri yang digunakan sebagai bahan baku gasifikasi sudah ideal karena memiliki kadar air 8,72%

Kandungan abu pada cangkang kemiri sebesar 3,56%. Hal ini mengindikasikan bahwa cangkang kemiri ketika

dibakar pada proses gasifikasi akan menghasilkan zat sisa berupa emisi abu (*ash*) yang cukup banyak.

Volatile matter adalah bahan yang mudah menguap dalam kadar tinggi yang menunjukkan mudahnya penyalaan bahan bakar. Cangkang kemiri memiliki kandungan *volatile matter* sebesar 67,48%. Sehingga menunjukkan bahwa cangkang kemiri akan mudah untuk terbakar.

Fixed carbon yang terkandung pada cangkang kemiri sebesar 20,22%. Kandungan *fixed carbon* bertindak sebagai penghasil panas selama pembakaran. Semakin tinggi kandungan karbon padat menandakan semakin tinggi pula zat-zat yang dapat bereaksi terhadap pembakaran sehingga memungkinkan reaksi pembakaran tersebut berjalan dengan baik.

- Nilai Kalor

Pengujian nilai kalor biomassa cangkang kemiri dilakukan di Laboratorium Energi dan Lingkungan DPRM ITS.

Tabel 2. Hasil Analisis Nilai Kalor Cangkang Kemiri

No.	Parameter	Satuan	Hasil
1.	Nilai Kalor	kal/gr	4.554

Hasil nilai kalor pada biomassa cangkang kemiri sebesar 4.554 kal/g. Semakin tinggi kandungan karbon yang terdapat dalam biomassa maka akan semakin tinggi pula nilai kalor yang dihasilkan, sehingga karbon akan teroksidasi dengan oksigen dan menghasilkan energi selama reaksi pembakaran. Oleh karena itu, hubungan antara nilai karbon akan berbanding lurus dengan nilai kalor. Nilai kalor tidak hanya dipengaruhi oleh kandungan karbon tetapi dipengaruhi juga oleh oksigen (O_2), hidrogen (H_2), sulfur (SO_2), dan nitrogen (N_2). Namun untuk nilai kalor, kandungan karbon yang dominan akan lebih berpengaruh.

- Pembakaran

Api yang dihasilkan dari pembakaran difusi terjadi ketika bahan bakar dan oksigen bercampur serta penyalannya dilakukan secara bersamaan (Putri, 2009). Proses pembakaran terjadi ketika *syngas* yang dihasilkan di *gasifier* akan mengalir keluar melalui bagian *burner* yang kemudian akan disulut api menggunakan pemantik agar terbakar. Bercampurnya *syngas* dengan udara lingkungan yang ada di sekitar yang kemudian diberi perlakuan dengan disulut pemantik merupakan proses pembakaran difusi.

Hasil Penelitian dan Pembahasan

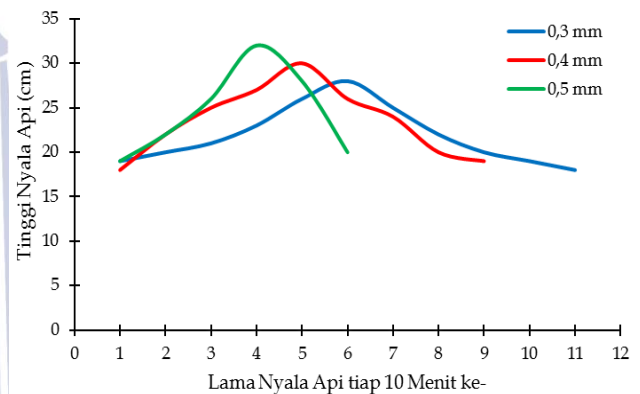
- Tinggi Nyala Api

Pembakaran biomassa cangkang kemiri akan menghasilkan produk *syngas* yang kemudian akan disulut api agar terbakar. *Syngas* yang sudah terbakar diukur

tinggi nyala apinya dengan menggunakan kotak kaca yang telah ditempel kertas milimeter blok dengan motif bergaris kemudian didokumentasikan dengan kamera agar tinggi nyala api yang dihasilkan dapat diamati secara jelas.

Tabel 3. Tinggi Nyala Api

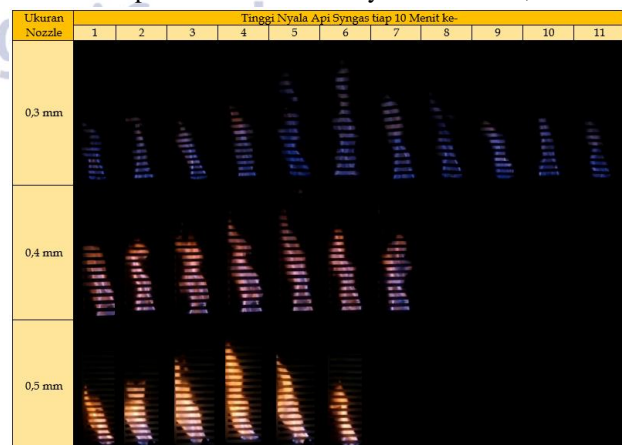
Ukuran Nozzle	Tinggi Nyala Api <i>Syngas</i> tiap 10 Menit ke- (cm)											Rata-Rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
0,3 mm	19	20	21	23	26	28	25	22	20	19	18	22
0,4 mm	18	22	25	27	30	26	24	20	19			23
0,5 mm	19	22	26	32	28	20						25



Gambar 4. Grafik Tinggi Nyala Api

Tinggi nyala api rata-rata pada ukuran lubang *nozzle* air 0,3 mm, 0,4 mm, dan 0,5 mm berturut-turut adalah 22 cm, 23 cm, dan 25 cm. Berdasarkan data tersebut, semakin besar ukuran lubang *nozzle* maka semakin tinggi nyala api yang dihasilkan.

Semakin besar kecepatan aliran udara yang masuk ke dalam *gasifier* mengakibatkan semakin tinggi pula nyala api yang dihasilkan dari pembakaran *syngas*. (Riansyah, 2019). Sehingga selisih tinggi nyala api yang dihasilkan pada tiap ukuran lubang *nozzle* air tidak berbeda jauh karena besarnya pemasukan udara yang digunakan pada variasi setiap ukuran *nozzle* sama yaitu sebesar 1,3 m/s.



Gambar 5. Tinggi Nyala Api

Semakin kecil diameter *nozzle* dan semakin besar bukaan katup *nozzle* maka tinggi nyala api yang dihasilkan semakin rendah (Wicaksono, 2019). Hal ini diakibatkan semakin kecil ukuran lubang *nozzle* air akan menyebabkan pengkabutan air menjadi sangat halus sehingga *syngas* mengalami pembersihan yang maksimal dan akan berbanding lurus terhadap tinggi nyala api yang semakin rendah.

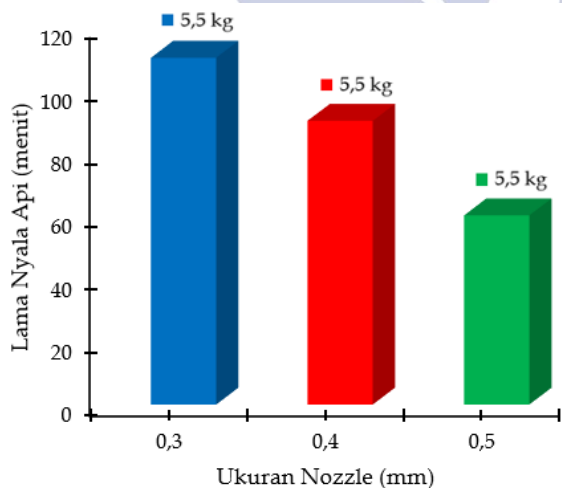
- Lama Nyala Api

Pembakaran biomassa cangkang kemiri akan menghasilkan prosuk *syngas* yang kemudian akan disulut api agar terbakar. *Syngas* yang sudah terbakar mulai diukur lama nyala apinya dengan menggunakan *stopwatch* hingga pembakaran biomassa di dalam *gasifier* habis yang ditunjukkan dengan *syngas* yang dihasilkan tidak pekat dan tidak terbakar lagi.

Tabel 4. Lama Nyala Api

Ukuran <i>Nozzle</i>	Massa Cangkang Kemiri (kg)	Lama Nyala Api (menit)
0,3 mm	5,5	110
0,4 mm	5,5	90
0,5 mm	5,5	60

Lama nyala api yang dihasilkan pada ukuran lubang *nozzle* air 0,3 mm didapatkan 110 menit, pada ukuran lubang *nozzle* air 0,4 mm didapatkan 90 menit serta pada ukuran lubang *nozzle* air 0,5 mm didapatkan 60 menit.



Gambar 6. Grafik Lama Nyala Api

Dari data tersebut semakin kecil ukuran lubang *nozzle* air maka semakin lama nyala api yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan semakin kecil ukuran lubang *nozzle* air yang digunakan akan mampu menghasilkan pengkabutan yang semakin halus serta dapat membersihkan *syngas* dari polutan. Oleh karena itu *syngas* yang keluar *burner* akan tertahan oleh air yang di *spray* yang mengakibatkan nyala

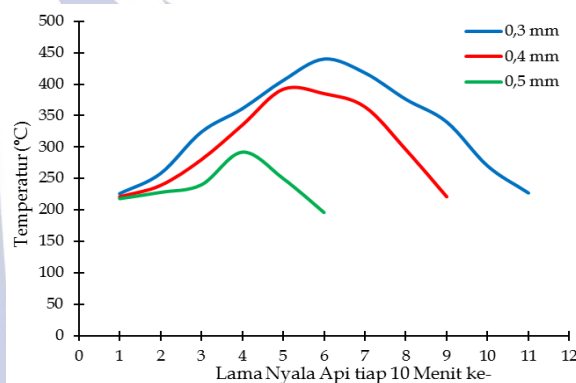
api akan semakin lama serta hal ini juga akan memengaruhi tinggi nyala api yang dihasilkan rendah.

- Temperatur Nyala Api

Syngas yang sudah terbakar diukur temperatur nyala apinya menggunakan tiga buah *thermocouple*. Hasil dari pengujian temperatur nyala api dapat dilihat dari tabel berikut.

Tabel 5. Temperatur Nyala Api

Ukuran <i>Nozzle</i>	Temperatur Rata-Rata dari Tiga Thermocouple tiap 10 Menit ke- (°C)											Rata-Rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
0,3 mm	226	258	324	361	406	440	418	376	340	270	227	331
0,4 mm	221	239	280	335	392	385	364	296	221			304
0,5 mm	218	228	240	292	250	196						237

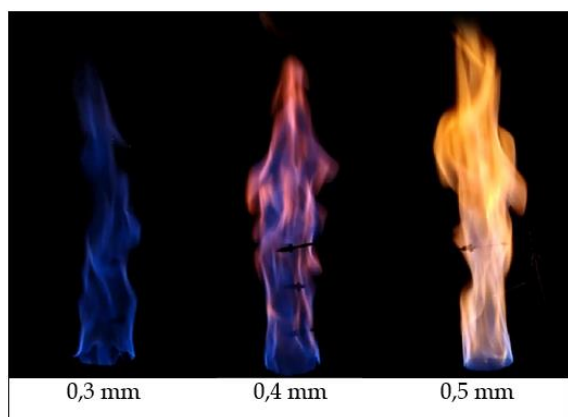


Gambar 7. Grafik Temperatur Nyala Api

Temperatur rata-rata nyala api pada ukuran lubang *nozzle* air 0,3 mm, 0,4 mm, dan 0,5 mm masing-masing adalah 331 °C, 304 °C, dan 237 °C. Sedangkan temperatur nyala api tertinggi pada ukuran lubang *nozzle* air 0,3 mm, 0,4 mm, dan 0,5 mm masing-masing adalah 440 °C, 392 °C, dan 292 °C. Pada data tersebut, semakinkecil ukuran lubang *nozzle* maka akan semakin meningkat temperatur nyala api yang dihasilkan. Temperatur api yang semakin meningkat menunjukkan bahwa kandungan *flammable gas* pada *syngas* juga semakin meningkat (Riansyah, 2019). Apabila kandungan *flammable gas* pada *syngas* rendah, maka temperatur nyala api semakin rendah yang akan berpengaruh terhadap visualisasi nyala apinya (Adrieq, 2016). Oleh karena itu pada ukuran lubang *nozzle* air 0,3 mm mampu membersihkan *syngas* secara maksimal secara maksimal sehingga mampu meningkatkan kandungan *flammable gas* pada *syngas*.

- Visualisasi Nyala Api

Syngas yang telah dibakar diamati secara visual warna api yang dihasilkan dan didokumentasikan dengan kamera. Hasil dari pengamatan visualisasi nyala api dapat diamati dari gambar berikut.



Gambar 8. Visualisasi Nyala Api

Didapatkan hasil pengamatan visualisasi nyala api *syngas* pada biomassa cangkang kemiri dengan ukuran lubang *nozzle* air 0,3 mm berwarna biru yang dominan. Berbeda dengan ukuran lubang *nozzle* air 0,4 mm didapatkan visualisasi nyala api berwarna biru dengan ujung berwarna jingga, sedangkan untuk ukuran lubang *nozzle* 0,5 mm didapatkan visualisasi nyala api berwarna biru dengan ujung yang berwarna kuning.

Visualisasi nyala api mengalami perubahan ukuran lubang *nozzle* air yang berbeda. Berdasarkan penelitian Sya'roni (2016) yang memengaruhi semakin birunya nyala api yaitu kandungan CH_4 pada kandungan *syngas* bagian *combustible gas* (CO , H_2 , dan CH_4). Sehingga dapat disimpulkan bahwa ukuran lubang *nozzle* air 0,3 mm menghasilkan visualisasi nyala api terbaik karena mampu lebih maksimal menyaring polutan serta menghasilkan visualisasi nyala api berwarna biru.

PENUTUP

Simpulan

Setelah melalui serangkaian tahapan studi dan analisis proses gasifikasi menggunakan *gasifier* tipe *updraft* dengan biomassa cangkang kemiri, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Tinggi nyala api terbaik yaitu pada ukuran lubang *nozzle* 0,3 mm sebesar 22 cm.
- Lama nyala api terbaik yaitu pada ukuran lubang *nozzle* 0,3 mm selama 110 menit.
- Temperatur nyala api terbaik yaitu pada ukuran lubang *nozzle* 0,3 mm dengan temperatur nyala api rata-rata sebesar $331\text{ }^\circ\text{C}$ yang menghasilkan temperatur puncak sebesar $440\text{ }^\circ\text{C}$.
- Visualisasi nyala api terbaik yaitu pada ukuran lubang *nozzle* 0,3 mm dengan visualisasi nyala api berwarna biru dominan.
- Semakin kecil lubang *nozzle* yang digunakan semakin halus butiran-butiran *spray* air yang dihasilkan sehingga mampu membersihkan *syngas* dari polutan

yang mengakibatkan visualisasi nyala api berwarna biru.

Saran

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

- Perlunya dilakukan penelitian lebih lanjut tentang distribusi temperatur pada *gasifier*.
- Perlunya tempat untuk pengujian gasifikasi supaya asap yang ditimbulkan pada awal pembakaran tidak mengganggu aktivitas di sekitar.
- Perlunya perawatan dan pembersihan secara berkala setelah melakukan pengujian guna menjaga keawetan dan kinerja alat serta instrumen gasifikasi
- Perlunya dilakukan penelitian lebih lanjut tentang fluida lain yang digunakan sebagai pembersih *syngas* pada *trap*.

DAFTAR PUSTAKA

- Adrieq, A. 2016. *Studi Eksperimental Pengaruh Air Fuel Ratio Proses Gasifikasi Briket Municipa Solid Waste Terhadap Unjuk Kerja Gasifier Tipe Downdraft*. Jurnal Teknik ITS Vol. 1, No. 1, 2.
- Basu, Prabir. 2010. *Biomass Gasification and Pyrolysis*. Elsevier Inc.
- 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.
- Riansyah, Diky. 2015. *Rancang Bangun, Perbaikan dan Pengembangan Reactor Trapping Pada Gasifikasi Biomassa*. JTM. Volume 02 Nomor 03 Tahun 2015, 45-52
- Riansyah, Diky. 2019. "Pengaruh Variasi Air Fuel Ratio (AFR) Pada Gasifier Terhadap Kualitas Nyala Api Syngas Pada Gasifikasi Biomassa Cangkang Sawit." *Jurnal JTM*. Vol 07(02): hal 37-42.
- Sya'roni, Achmad Imam. 2016. *Analisa Warna Api Dan Suhu Pembakaran Biogas Limbah Pasar Yang Sudah Dipurifikasi Dengan Kalium Hidroksida*. Skripsi. Jember: Universitas Jember.
- UNESA. 2000. *Pedoman Penulisan Artikel Jurnal*, Surabaya: Lembaga Penelitian Universitas Negeri Suabaya.
- Wicaksono, M. Farrasiandi Huda. 2019. "Pengaruh Bukaian Katup Air Dan Variasi Diameter Nozzle Pada Reactor Trapping Gasifikasi Biomassa Cangkang Sawit Terhadap Kualitas Nyala Api: Jurnal JTM. Vol. 07 (03): hal. 73-78