

Pengaruh AFR Terhadap Kualitas Syngas dan Nyala Api Gasifikasi Biomassa Tempurung Kelapa Tipe *Downdraft*

Moch. Fachrur Rozie Firmansyah

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail: moch.firmansyah@mhs.unesa.ac.id

Indra Herlamba Siregar

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail: indrasiregar@unesa.ac.id

Abstrak

Gasifikasi merupakan salah satu bentuk proses pemanfaatan bahan bakar limbah (biomassa) untuk mendapatkan energi terbarukan sebagai pengganti bahan bakar fosil. Dalam proses gasifikasi tersebut selalu menghasilkan zat yang dinamai *syngas*. Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimental. Obyek penelitian yang digunakan adalah reaktor gasifikasi tipe *downdraft* dengan bahan bakar biomassa berupa tempurung kelapa. Variabel bebas pada penelitian ini yaitu variasi *Air Fuel Ratio* (AFR) 0,72; 0,88; 1,04 dan 1,20. Variabel terikat penelitian ini yaitu karakteristik nyala api (warna, temperatur, tinggi dan waktu) dan kandungan *flammable syngas* (CO, H₂, CH₄) yang dihasilkan. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa tinggi nyala api rata-rata pada AFR 0,72; 0,88; 1,04 dan 1,20 masing-masing adalah 22cm, 24cm, 30cm dan 34cm. Untuk waktu nyala api pada AFR 0,72; 0,88; 1,04 dan 1,20 masing-masing adalah 57 menit, 46 menit, 31 menit dan 20 menit. Kemudian, data temperatur rata-rata nyala api pada AFR 0,72; 0,88; 1,04 dan 1,20 masing-masing adalah 504°C, 468°C, 424°C dan 369°C. Sedangkan untuk kandungan *flammable syngas* pada AFR 0,72 adalah H₂ 7,52% Vol, CO 12,71% Vol, CH₄ 2,64% Vol. Pada AFR 0,88 adalah H₂ 6,97% Vol, CO 11,94% Vol, CH₄ 2,10% Vol. Pada AFR 1,04 adalah H₂ 6,09% Vol, CO 10,44% Vol, CH₄ 1,48% Vol. dan pada AFR 1,20 adalah H₂ 5,11% Vol, CO 8,95% Vol, CH₄ 0,72% Vol. Visualisasi nyala api terbaik didapatkan pada AFR 0,72 dengan temperatur rata-rata nyala api tertinggi dan nilai kandungan *flammable syngas* tertinggi.

Kata kunci: gasifikasi, biomassa, tempurung kelapa, *air fuel ratio*, *downdraft*

Abstract

Gasification is a form of the process of utilizing waste fuel (biomass) to obtain renewable energy as a substitute for fossil fuels. In the gasification process, it always produces a substance called *syngas*. This type of research is experimental research. The research object used was a *downdraft* type gasification reactor with biomass fuel in the form of coconut shell. The independent variables in this study are variations of *Air Fuel Ratio* (AFR) 0.72; 0.88; 1.04 and 1.20. The dependent variable of this study is the characteristics of the flame (color, temperature, height and time) and the resulting *flammable syngas* (CO, H₂, CH₄) content. The results showed that the average flame height at AFR was 0.72; 0.88; 1.04 and 1.20 are 22cm, 24cm, 30cm and 34cm respectively. For the flame time at 0.72 AFR; 0.88; 1.04 and 1.20 are 57 minutes, 46 minutes, 31 minutes and 20 minutes, respectively. Then, the average flame temperature data at AFR 0.72; 0.88; 1.04 and 1.20 are 504 °C, 468 °C, 424 °C and 369 °C, respectively. Meanwhile, the *flammable syngas* content at AFR 0.72 is H₂ 7.52% Vol, CO 12.71% Vol, CH₄ 2.64% Vol. At AFR 0.88 it is H₂ 6.97% Vol, CO 11.94% Vol, CH₄ 2.10% Vol. At AFR 1.04 it is H₂ 6.09% Vol, CO 10.44% Vol, CH₄ 1.48% Vol. and at AFR 1.20 is H₂ 5.11% Vol, CO 8.95% Vol, CH₄ 0.72% Vol. The best flame visualization was obtained at AFR 0.72 with the highest average flame temperature and the highest *flammable syngas* content value.

Keywords: gasification, biomass, coconut shell, *air fuel ratio*, *downdraft*

PENDAHULUAN

Kebutuhan bahan bakar untuk energi di Indonesia tiap tahunnya tercatat semakin meningkat seiring dengan peningkatan jumlah penduduk dan juga kemajuan industri. Di sisi lain, cadangan minyak bumi di Indonesia semakin lama akan semakin menurun. Data kebutuhan energi penduduk Indonesia dari *Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia* pada tahun 2018, konsumsi energi

final di Indonesia pada tahun 2000 sebesar 777,92 Juta BOE (*Barrel Oil Equivalent*) atau SBM (Setara Barel Minyak) meningkat menjadi 936,33 Juta BOE (*Barrel Oil Equivalent*) atau SBM (Setara Barel Minyak) pada tahun 2018. Indonesia merupakan negara yang terletak di kawasan iklim tropis. Iklim tropis yang ada di Indonesia membuat berbagai jenis tanaman tumbuh subur, salah satunya adalah pohon kelapa. Hampir semua daerah di Indonesia memiliki pohon kelapa, banyaknya perkebunan

pohon kelapa di Indonesia menjadikan Indonesia sebagai negara yang memiliki jumlah perkebunan pohon kelapa terbesar di dunia. Data statistik komoditas kelapa terbitan Direktorat Jenderal Perkebunan pada tahun 2019 luas areal kelapa mencapai 3.500.726 Ha dengan total produksi mencapai 2.922.190 Ton

Indonesia merupakan negara yang terletak di kawasan iklim tropis. Iklim tropis yang ada di Indonesia membuat berbagai jenis tanaman tumbuh subur, salah satunya adalah pohon kelapa. Hampir semua daerah di Indonesia memiliki pohon kelapa, banyaknya perkebunan pohon kelapa di Indonesia menjadikan Indonesia sebagai negara yang memiliki jumlah perkebunan pohon kelapa terbesar di dunia. Data statistik komoditas kelapa terbitan Direktorat Jenderal Perkebunan pada tahun 2019 luas areal kelapa mencapai 3.500.726 Ha dengan total produksi mencapai 2.922.190 Ton. Merujuk pada melimpahnya sumber bahan bakar biomassa di Indonesia, salah satunya adalah tempurung kelapa yang sampai saat ini masih menjadi limbah dan masih sedikit pemanfaatannya. Serta akan menjadi sebuah dampak negatif bagi lingkungan apabila tempurung kelapa tersebut tidak dapat diolah menjadi suatu hal yang lebih bermanfaat. Tempurung kelapa dapat dengan mudah didapatkan karena jumlahnya melimpah dan untuk sekarang ini hanya dimanfaatkan sebagai arang saja. Dengan mengetahui komposisi dan kandungan yang terdapat di dalam tempurung kelapa, bahan tersebut dapat dijadikan sebagai sumber energi alternatif melalui proses gasifikasi biomassa (Najib, Darsopuspito, 2012).

Terdapat beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mengubah biomassa menjadi energi alternatif, salah satu caranya yaitu dengan proses termokimia. Melalui proses termokimia, biomassa tempurung kelapa dapat dikonversi menjadi energi alternatif dengan tiga cara, yaitu pembakaran langsung (*direct combustion*), pirolisa, dan gasifikasi. Gasifikasi adalah suatu proses konversi bahan bakar padat menjadi gas mampu bakar (CO , CH_4 , dan H_2) melalui proses pembakaran dengan suplai udara yang terbatas. Banyaknya udara yang masuk dalam *gasifier* disuplai oleh blower dan memiliki pengaruh atas laju alir massa *syngas* dan kualitas dari *syngas*.

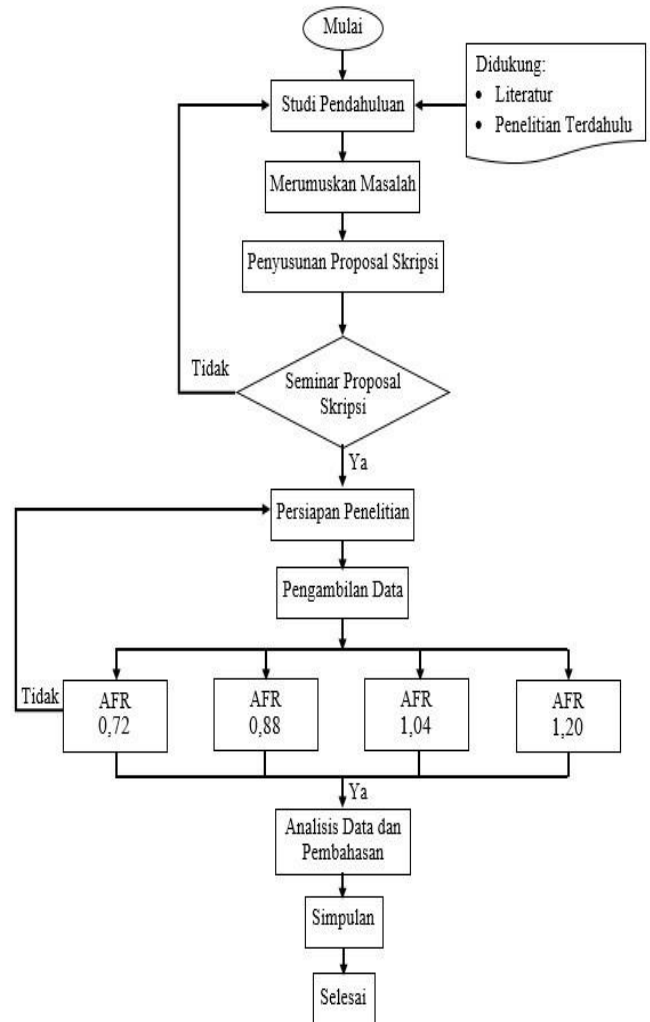
Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Suhendi dkk dengan menggunakan gasifikasi biomassa bonggol jagung, memperlihatkan perbandingan komposisi *syngas* pada AFR yang berbeda. Pada jurnal ditunjukkan bahwa konsentrasi *syngas* paling tinggi terdapat pada variasi AFR 1,048, perbandingan udara-bahan bakar sangat berpengaruh terhadap komposisi *syngas* yang dihasilkan.

Berdasarkan latar belakang yang ada di atas maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah ingin mengetahui bagaimana pengaruh AFR terhadap kualitas *syngas* dan nyala api yang dihasilkan. Sedangkan tujuan yang ingin dicapai adalah pengaruh AFR terhadap kualitas

syngas dan nyala api gasifikasi biomassa tempurung kelapa tipe *downdraft*. Diharapkan penelitian ini membantu dalam mengetahui pengaruh variasi AFR pada proses gasifikasi, kualitas *syngas* dan kualitas nyala api yang dihasilkan.

METODE

Rancangan Penelitian

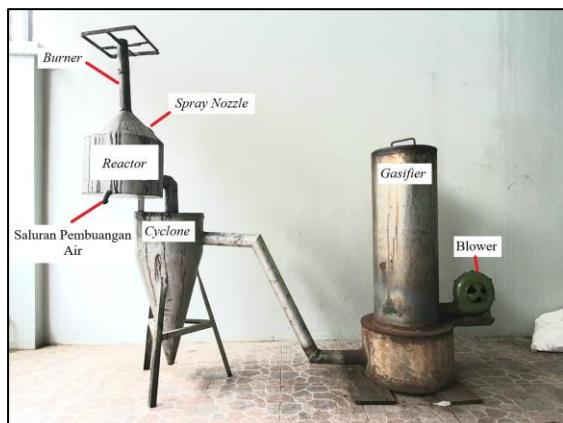


Gambar 1. Flowchart Penelitian

Obyek Penelitian

Obyek yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

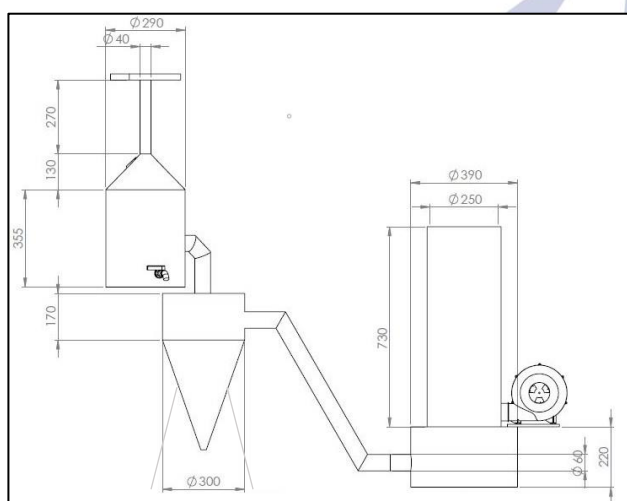
- Reaktor *Gasifier* Tipe *Downdraft*
- Tempurung Kelapa



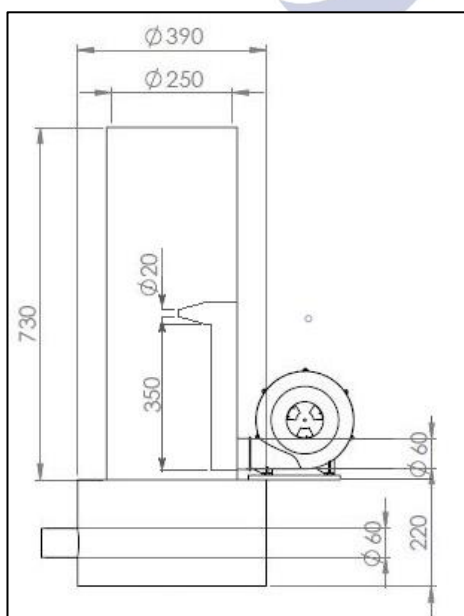
Gambar 2. Reaktor *Gasifier* Tipe *Downdraft*



Gambar 5. Tempurung Kelapa



Gambar 3. Spesifikasi Alat *Downdraft Gasifier* dengan satuan (mm).



Gambar 4. Spesifikasi *Downdraft Gasifier* dengan satuan (mm).

Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- *Anemometer*
- *Thermometer*
- *Gas Chromatography*
- Kamera
- Tripod Kamera
- *Box Acrylic*
- Cat Fosfor
- Timbangan
- *Stopwatch*

Variabel Penelitian

- Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahan atau timbulnya variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi *Air Fuel Ratio (AFR)* 0,72; 0,88; 1,04; 1,20

- Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat karena adanya variabel bebas. Dalam penelitian ini yang menjadi variabel terikat yaitu kualitas *syngas* yang dihasilkan dan dikaitkan dengan kualitas nyala api

- Variabel Kontrol

Variabel kontrol merupakan variabel yang dikendalikan sehingga pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat tidak dipengaruhi oleh faktor luar yang tidak diteliti. Variabel kontrol dalam penelitian ini yaitu massa tempurung kelapa yang diujikan sebesar 5,5 kg, diameter *cyclone* 30 cm, tinggi *cyclone* 67 cm, diameter *reactor trapping* 28 cm, tinggi *reactor trapping* 30 cm, diameter *nozzle sprayer* sebesar 0,3 mm, bukaan *valve nozzle* 90° dan diameter *burner* 4 cm.

Prosedur Penelitian

Tahap persiapan

- Menjemur tempurung kelapa yang akan digunakan terlebih dahulu dengan bantuan sinar matahari selama tiga hari berturut-turut mulai pukul 11.00 hingga pukul 14.00.
- Mempersiapkan peralatan yang akan digunakan pada saat pengujian.
- Mempersiapkan tempurung kelapa dan air yang akan digunakan.
- Membakar tempurung kelapa dengan berat 0,5 kg hingga menjadi bara yang digunakan sebagai pemantik di dalam *gasifier*.
- Menimbang tempurung kelapa sesuai berat yang ditetapkan.

Tahap Penelitian

- Memasukkan bara tempurung kelapa ke dalam *gasifier*.
- Memasukkan tempurung kelapa seberat 5,5 kg ke dalam *gasifier*.
- Menyalakan blower.
- Mengukur kecepatan udara menggunakan *anemometer*.
- Mengatur kecepatan udara yang telah ditentukan dengan cara mengatur kecepatan blower menggunakan *dimmer* yang dipasang pada blower.
- Menunggu hingga *syngas* diproduksi oleh *gasifier*, kemudian membakar *syngas* yang keluar dengan *gas torch*.
- Menyalakan pompa air, agar *spray nozzle* dapat menginjeksikan air ke dalam *reactor trapping* dan membersihkan *syngas*.
- Mematikan api dengan cara mematikan blower.
- Mengambil *syngas* dengan menggunakan corong plastik yang telah disambung dengan *urine bag*.
- Memastikan *urine bag* penampung *syngas* tidak bocor, mengisi *box styrofoam* dengan es batu untuk memperlambat pergerakan partikel *syngas* selama pengiriman untuk uji gas kromatografi.
- Membakar kembali *syngas* yang diproduksi oleh *gasifier*.
- Mengamati tinggi nyala api, warna nyala api, temperatur nyala api, dan waktu nyala api.
- Melakukan pengulangan pengujian pada *Air Fuel Ratio (AFR)* 0,72; 0,88; 1,04; 1,20.

Teknik Analisis Data

Analisis data yang digunakan adalah dengan menggunakan metode deskriptif. Data hasil penelitian yang diperoleh dimasukkan ke dalam tabel dan ditampilkan dalam bentuk grafik, kemudian dideskripsikan dengan kalimat sederhana agar mudah

dipahami dan mendapatkan jawaban dari permasalahan yang diteliti.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Penelitian tentang pengaruh *Air Fuel Ratio (AFR)* terhadap kualitas *syngas* dan nyala api pada gasifikasi biomassa tempurung kelapa tipe *downdraft*. Variasi yang dilakukan adalah variasi *Air Fuel Ratio (AFR)*. Variasi *Air Fuel Ratio (AFR)* dilakukan dengan cara mengatur putaran blower dengan *dimmer*. *Dimmer* tersebut berguna untuk mengatur kecepatan aliran udara dari blower yang masuk ke dalam reaktor. Kemudian diamati tinggi nyala api, temperatur nyala api, visualisasi nyala api dan waktu nyala api.

Setelah melakukan pengujian pada masing-masing variabel bebas maka didapatkan data hasil penelitian. Hasil penelitian ini meliputi hasil pengujian tinggi nyala api, temperatur nyala api, visualisasi nyala api dan waktu nyala api yang dihasilkan dari pembakaran *syngas*.

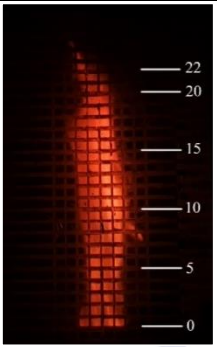
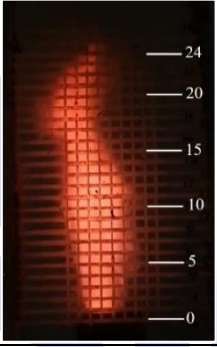
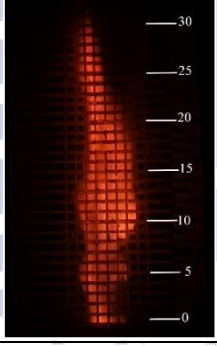
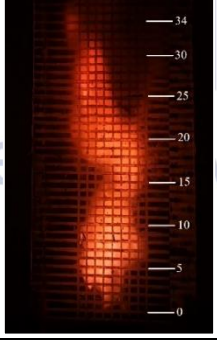
Pembahasan

• Tinggi Nyala Api

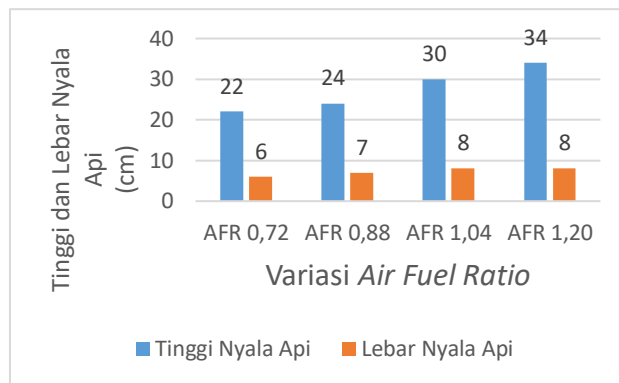
Metode dari pengukuran tinggi nyala api yang dihasilkan dari pembakaran *syngas* pada gasifikasi biomassa tipe *downdraft*, yaitu dengan menggunakan *box acrylic* yang permukaannya telah diberi sketsa ukur dengan bentuk persegi dengan ukuran 1 cm x 1 cm. Sketsa tersebut dibentuk dengan menggunakan cat yang dapat menyala dalam gelap (*glow in the dark*), dengan maksud dan tujuan agar dapat membaca dengan jelas ketinggian dari nyala api yang dihasilkan dari pembakaran *syngas* pada gasifikasi biomassa tipe *downdraft*.

Dibawah ini merupakan data lebar dan tinggi nyala api yang didapatkan pada penelitian pengaruh *Air Fuel Ratio (AFR)* terhadap kualitas *syngas* dan nyala api gasifikasi biomassa tempurung kelapa tipe *downdraft*. Untuk mendapatkan nilai lebar nyala api, dihasilkan dari pengukuran pada bagian setengah dari tiap tinggi nyala api pada masing-masing *AFR* 0,72, *AFR* 0,88, *AFR* 1,04 dan *AFR* 1,20. Kemudian, dari diperolehnya data lebar dan tinggi nyala api pada penelitian berikut akan digunakan sebagai data penunjang untuk meneliti dimensi nyala api pada penelitian selanjutnya.

Tabel 1. Data Tinggi dan Lebar Nyala Api

Air Fuel Ratio (AFR)	Lebar Nyala Api (cm)	Tinggi Nyala Api (cm)	Gambar
0,72	6	22	
0,88	7	24	
1,04	8	30	
1,20	8	34	

Perbandingan tinggi nyala api syngas dengan variasi Air Fuel Ratio (AFR) dapat dilihat pada Gambar 6. Sebagai berikut:



Gambar 6. Data Tinggi Nyala Api

Secara grafik untuk dapat mengetahui tinggi nyala api pada masing-masing AFR, dapat dilihat pada Gambar 6. Berdasarkan Gambar 6. tinggi nyala api secara berurutan pada AFR 0,72; 0,88; 1,04 dan 1,20 masing-masing adalah 22 cm, 25 cm, 30 cm dan 34 cm. Tinggi nyala api pada AFR 0,72 adalah 22 cm dan mengalami kenaikan tinggi nyala api seiring dengan penambahan kecepatan aliran udara masuk sampai pada AFR 1,20 yakni dengan tinggi nyala api sebesar 34 cm. Pada AFR 0,72 merupakan AFR yang memiliki tinggi nyala api terendah, hal ini dikarenakan suplai udara yang masuk ke dalam *gasifier* terlalu rendah.

Dari data di atas dapat dilihat, bahwa nyala api akan semakin tinggi seiring dengan penambahan kecepatan aliran udara yang masuk ke dalam *gasifier*. Hal ini dikarenakan semakin besar kecepatan aliran udara masuk, maka dorongan *syngas* yang keluar dari *burner* akan semakin cepat. Sehingga nyala api yang dihasilkan dari pembakaran *syngas* akan semakin tinggi.

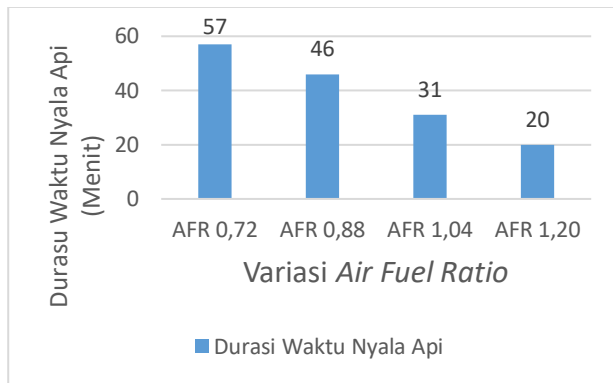
- Waktu Nyala Api

Metode dari pengukuran waktu nyala api yang dihasilkan dari pembakaran *syngas* pada gasifikasi biomassa tipe *downdraft*, yaitu dengan menggunakan *stopwatch*. Hitungan waktu nyala api berjalan ditandai dengan adanya *syngas* yang dapat dinyalakan dengan pemantik api dan berakhir hingga biomassa tempurung kelapa dalam *gasifier* sudah tidak dapat menghasilkan *syngas* yang dapat terbakar lagi.

Tabel 2. Data Waktu Nyala Api

Air Fuel Ratio (AFR)	Waktu Nyala Api (Menit)
0,72	57 Menit
0,88	46 Menit
1,04	31 Menit
1,22	20 Menit

Perbandingan waktu nyala api *syngas* dengan variasi *Air Fuel Ratio* (AFR) dapat dilihat pada Gambar 7. Sebagai berikut:



Gambar 7. Data Waktu Nyala Api

Berdasarkan pada Gambar 7. waktu nyala api secara berurutan pada AFR 0,72; 0,88; 1,04 dan 1,20 masing-masing adalah 57 menit, 46 menit, 31 menit dan 20 menit. Waktu nyala api pada AFR 0,72 adalah 57 menit dan mengalami penurunan seiring dengan penambahan kecepatan aliran udara yang masuk ke dalam gasifier pada AFR 1,20 yaitu dengan waktu nyala api sebesar 20 menit.

Dari data di atas dapat dilihat, bahwa waktu nyala api akan semakin menurun seiring dengan penambahan kecepatan aliran udara yang masuk ke dalam *gasifier*. Hal ini dikarenakan suplai udara yang masuk ke dalam *gasifier* memiliki kecepatan dorongan aliran yang tinggi, sehingga lebih banyak udara yang bereaksi dengan biomassa pada proses pembakaran di zona pembakaran dalam *gasifier*. Dan menyebabkan proses pembakaran dalam *gasifier* menjadi lebih cepat serta menimbulkan waktu nyala api yang relatif singkat.

Jika dilihat dari segi keluaran *syngas*, kecepatan aliran *syngas* akan semakin tinggi seiring dengan meningkatnya kecepatan dorongan aliran udara yang masuk ke dalam *gasifier*. Semakin tinggi kecepatan aliran *syngas*, maka *syngas* yang keluar relatif lebih banyak. Sehingga, biomassa dalam hal ini tempurung kelapa akan relatif lebih cepat habis. Jika biomassa tempurung kelapa cepat habis terbakar, maka waktu nyala api *syngas* juga relatif lebih singkat.

- Temperatur Nyala Api

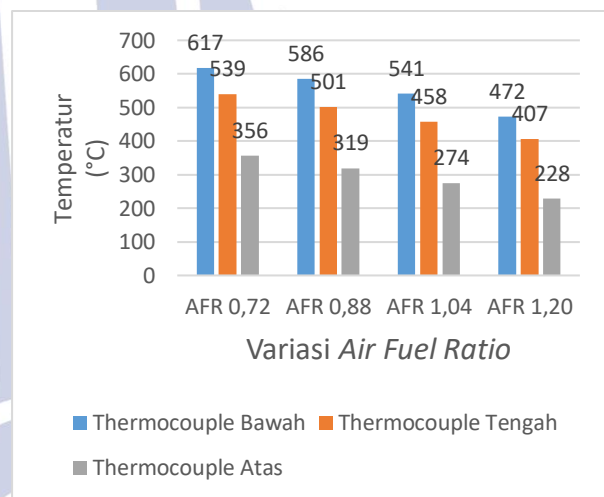
Metode dari pengukuran temperatur nyala api yang dihasilkan dari pembakaran *syngas* pada gasifikasi biomassa tipe *downdraft*, yaitu dengan menggunakan *thermometer*. Terdapat tiga sensor *thermocouple* yang di arahkan pada nyala api, yaitu pada titik bagian bawah api, yang kedua pada bagian tengah api dan yang ketiga pada bagian ujung atas nyala api. Dari ketiga titik sensor *thermocouple* yang di arahkan pada nyala api

tersebut, maka dapat dihasilkan rata-rata temperatur pada nyala api tersebut. Tingginya temperatur nyala api menentukan besarnya kalor yang dilepaskan oleh api. Semakin tinggi temperatur nyala api, maka kalor yang dilepaskan oleh api tersebut relatif lebih besar.

Tabel 3. Data Temperatur Nyala Api

Air Fuel Ratio (AFR)	Thermo couple Bawah (°C)	Thermo couple Tengah (°C)	Thermo couple Atas (°C)	Rata-rata (°C)
0,72	617°C	539°C	356°C	504°C
0,88	586°C	501°C	319°C	468°C
1,04	541°C	458°C	274°C	424°C
1,22	472°C	407°C	228°C	369°C

Perbandingan temperatur nyala api *syngas* dengan variasi *Air Fuel Ratio* (AFR) dapat dilihat pada Gambar 8. Sebagai berikut:



Gambar 8. Data Temperatur Nyala Api

Berdasarkan Gambar 8. temperatur nyala api rata-rata secara berurutan pada AFR 0,72; 0,88; 1,04 dan 1,20 masing-masing adalah 504 °C, 468 °C, 424 °C dan 369 °C. Temperatur nyala api rata-rata tertinggi pada AFR 0,72 dengan nilai sebesar 504 °C, sedangkan pada AFR 1,20 memiliki nilai temperatur nyala api rata-rata sebesar 369 °C. Hal ini dikarenakan suplai udara yang masuk terlalu banyak, semakin tinggi suplai udara yang masuk ke dalam gasifier maka akan menyebabkan banyaknya gas O₂, N₂ dan CO₂ yang terbentuk dan kurangnya pembentukan gas H₂, CO dan CH₄ (*flammable gas*). Jika pembentukan gas O₂, N₂ dan CO₂ lebih banyak, maka *syngas* yang terbakar kurang optimal. Sehingga menyebabkan temperatur nyala api rata-rata dari pembakaran *syngas* relatif lebih rendah.

- Visualisasi Nyala Api

Metode dari pengambilan visualisasi nyala api yang dihasilkan dari pembakaran *syngas* pada gasifikasi

biomassa tipe *downdraft*, yaitu dengan menggunakan kamera digital Pentax Optio WG-2. Warna nyala api menentukan kualitas dari api tersebut. Kualitas nyala api yang baik adalah nyala api yang berwarna biru. Nyala api biru menandakan kandungan *flammable* gas yang tinggi. Ketika nyala api memiliki warna cenderung merah, maka hal tersebut dapat diartikan bahwa *syngas* tersebut memiliki nilai kalor yang relatif rendah.

Tabel 4. Visualisasi Nyala Api

Air Fuel Ratio (AFR)	Gambar
0,72	
0,88	
1,04	
1,22	

Pada Tabel 4. merupakan visualisasi nyala api *syngas* pada AFR 0,72 hingga pada AFR 1,20. Meskipun tidak ada perubahan warna yang terjadi hingga pada AFR 1,20, namun pada AFR 0,72 memiliki nilai kandungan *syngas* yang lebih tinggi daripada AFR yang lainnya.

Ditinjau dari kandungan *syngas* yang terbentuk, jika udara yang masuk ke dalam *gasifier* berlebih maka akan banyak terbentuk gas O₂, N₂ dan CO₂, sehingga mengakibatkan produksi *flammable* gas CO, H₂ dan

CH₄ berkurang. Semakin kaya kandungan *flammable* gas dalam *syngas*, maka nyala api *syngas* berwarna biru. Terutama pada kandungan gas CH₄. Dan semakin sedikit kandungan *flammable* gas dalam *syngas*, maka nyala api akan berwarna kuning kemerah-merahan.

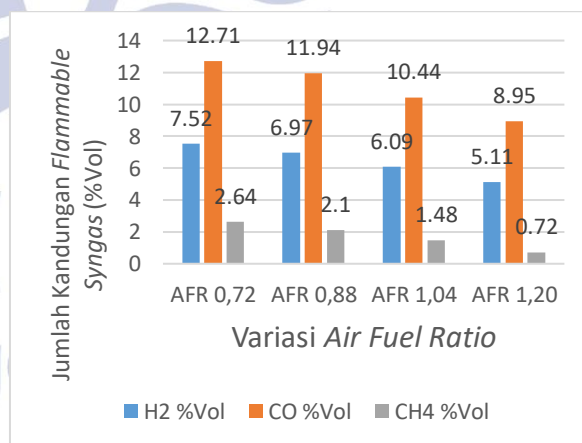
• Kualitas *Flammable Syngas*

Syngas merupakan salah satu hasil dari proses gasifikasi. Metode dari pengambilan *syngas* pada penelitian ini adalah dengan menggunakan sebuah corong plastik yang diletakkan diatas *burner*, kemudian corong plastik disambungkan dengan jalur *inlet* pada *urine bag*. Hal ini dimaksudkan agar *syngas* dapat mengalir dari *burner* menuju *urine bag*, dan dapat disimpan untuk kemudian dilakukan pengujian *gas chromatography*.

Tabel 5. Data Kandungan *Flammable Syngas*

Air Fuel Ratio (AFR)	H ₂ %Vol	CO %Vol	CH ₄ %Vol	Total %Vol
0,72	7,52	12,71	2,64	22,87
0,88	6,97	11,94	2,10	21,01
1,04	6,09	10,44	1,48	18,01
1,22	5,11	8,95	0,72	14,78

Perbandingan data kandungan *flammable syngas* dengan variasi Air Fuel Ratio (AFR) dapat dilihat pada Gambar 9. Sebagai berikut:



Gambar 9. Data Kandungan *Flammable Syngas*

Berdasarkan data kandungan *flammable syngas* pada Gambar 9. dapat diketahui bahwa, pada AFR 0,72 memiliki kandungan *flammable syngas* tertinggi dengan masing-masing nilai kandungan H₂ 7,52 % Vol, CO 12,71 % Vol dan CH₄ 2,64 % Vol. Dan mengalami penurunan nilai kandungan *flammable syngas* seiring dengan penambahan kecepatan aliran udara yang masuk ke dalam *gasifier*, sehingga pada AFR 1,20 memiliki kandungan *flammable syngas* yang terendah

dengan masing-masing nilai kandungan H₂ 5,11 % Vol, CO 8,95 % Vol dan CH₄ 0,72 % Vol.

Hal ini dikarenakan suplai udara yang masuk ke dalam *gasifier* terlalu banyak, semakin tinggi suplai udara yang masuk ke dalam *gasifier* maka akan menyebabkan banyaknya gas O₂, N₂ dan CO₂ yang terbentuk dan kurangnya pembentukan *flammable* gas H₂, CO dan CH₄.

PENUTUP

Simpulan

Setelah serangkaian tahapan proses penelitian yang telah dilakukan dari data dan analisa hasil dari proses pengujian gasifikasi biomassa tipe *downdraft*, maka dapat ditarik kesimpulan yang berkaitan dengan hasil dari pengujian, yaitu sebagai berikut:

- Tinggi nyala api tertinggi terjadi pada AFR 1,20 dengan tinggi nyala api 34 cm. Durasi waktu nyala api terbaik terjadi pada AFR 0,72 dengan durasi waktu nyala api 57 menit. Temperatur nyala api terbaik terjadi pada AFR 0,72 dengan temperatur nyala api rata-rata 504°C. Visualisasi nyala api terbaik terjadi pada AFR 0,72 yang ditinjau berdasarkan banyaknya kandungan *flammable syngas* dengan nilai masing-masing kandungan *flammable syngas* CO 12,71 % Vol, H₂ 7,52 % Vol dan CH₄ 2,64 % Vol.
- Persentase kandungan *flammable syngas* terbaik terjadi pada AFR 0,72 dengan nilai masing-masing kandungan *flammable syngas* CO 12,71 % Vol, H₂ 7,52 % Vol dan CH₄ 2,64 % Vol. Kemudian mengalami kecenderungan penurunan kandungan *flammable syngas* hingga AFR 1,20 dengan nilai masing-masing kandungan *flammable syngas* CO 8,95 % Vol, H₂ 5,11 % Vol dan CH₄ 0,72 % Vol.

Saran

Berdasarkan dari hasil penelitian, pengujian dan analisa tentang gasifikasi biomassa tempurung kelapa tipe *downdraft*, maka dapat diberikan beberapa saran untuk kemajuan penelitian gasifikasi *downdraft* sehingga didapatkan hasil penelitian yang sesuai harapan, sebagai berikut:

- Perlu diadakan peralatan keamanan dan keselamatan seperti APAR dan APD, mengingat resiko yang ditimbulkan dari proses penelitian ini sangat besar.
- Diperlukan adanya jalur distribusi pemasukan udara dalam *gasifier* lebih dari satu, agar pembakaran biomassa dalam *gasifier* lebih merata.

- Perlunya bentuk diameter *burner* yang lebih kecil, agar api yang dihasilkan dari proses gasifikasi menjadi lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, Agus Cahyono dan Farida Lasnawatin. 2018. *Handbook Of Energy & Economic Statistics Of Indonesia (Final Edition)*. Jakarta.
- Arizandy, Richard Liberto P. 2014. *Prototype Gasifikasi Biomassa (Tempurung Kelapa) Sistem Updraft Single Gas Outlet (Pengaruh Laju Alir Udara Terhadap Produk Syngas)*. Skripsi. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2019. *Statistik Perkebunan Indonesia 2017-2019*. Jakarta.
- Hadi, Sholehul dan Dasopuspito, Sudjud. 2013. "Pengaruh Variasi Perbandingan Udara-Bahan Bakar Terhadap Kualitas Api Pada Gasifikasi Reaktor Downdraft Dengan Suplai Biomass Serabut Kelapa Secara Kontinyu". *Jurnal Teknik POMITS*. Vol. 2 (3):B-384-B-387.
- Ilminnafik, N. dan Frenico, A. O. 2016. *Karakteristik Api Syngas Pada Gasifikasi Downdraft Dengan Bahan Biomassa Sekam Padi*.
- Najib, Lailun., dan Darsopuspito, Sudjud. 2012. "Karakterisasi Proses Gasifikasi Biomassa Tempurung Kelapa Sistem Downdraft Kontinyu Dengan Variasi Perbandingan Udara-Bahan Bakar (AFR) dan Ukuran Biomassa". *Jurnal Teknik ITS*. Vol. 1 (01): B-12-B-15.
- Pahlevi, R. 2012. Skripsi: *Pengaruh Laju Aliran Udara Primer dan Laju Aliran Air terhadap Temperatur Gas Mampu Bakar (Gas Producer) pada Sistem Gas Cleaning Gaifikasi Downdraft*. Universitas Indonesia: Depok.
- Rinovianto, Guswendar. 2012. *Karakteristik Gasifikasi Pada Updraft Double Gas Outlet Gasifier Menggunakan Bahan Bakar Kayu Karet*. Skripsi. Depok: Universitas Indonesia.
- Suhendi, Endang, Paradise, Gilang Umar, Priandana, Idham. 2016. "Pengaruh Laju Alir Udara Dan Waktu Proses Gasifikasi Terhadap Gas Producer Limbah Tangkai Daun Tembakau Menggunakan Gasifier Tipe Downdraft". *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*. Vol. 5 (2): hal. 45-53.
- Suhendi, Endang, Rosyadi, Imron, Nesorudin, Tb. Ahmad. 2016. "Uji Kualitas Syngas Bahan Bakar Bonggol Jagung Terhadap Air Fuel Ratio (AFR) Dan Kadar Air Dengan Gasifikasi Downdraft". *Jurnal Integrasi Proses*. Vol. 6 (2): hal. 95-99.