

PENGARUH VARIASI *AIR FUEL RATIO* (*AFR*) PADA *GASIFIER* TIPE *DOWNDRAFT* TERHADAP KADAR *SYNGAS* DAN NYALA API PADA GASIFIKASI BIOMASSA TEMPURUNG KELAPA

Alfin Rizkyawan Satriono

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: alfinsatriono16050754071@mhs.unesa.ac.id

Indra Herlamba Siregar

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

Abstrak

Gasifikasi adalah proses konversi energi bahan padat (biomassa) menjadi *syngas* yang dapat digunakan sebagai bahan bakar. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh *Air Fuel Ratio* yang masuk ke dalam *gasifier* terhadap kadar *syngas* yang diproduksi dan nyala api yang dihasilkan. Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen. Alat dan bahan pada penelitian ini adalah reaktor gasifikasi tipe *downdraft* dengan bahan bakar biomassa tempurung kelapa. Variabel bebas pada penelitian ini adalah variasi *Air Fuel Ratio* yaitu *AFR* 0,72; 0,88; 1,04; dan 1,20. Variabel terikat penelitian ini yaitu temperatur nyala api, visualisasi warna nyala api, durasi waktu nyala api, dan tinggi nyala api. Hasil penelitian didapatkan rata-rata temperatur nyala api pada *AFR* 0,72; 0,88; 1,04; dan 1,20 masing-masing adalah 521°C, 498°C, 462°C dan 424°C. Sedangkan durasi 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. Hasil tinggi nyala api pada *AFR* 0,72; 0,88; 1,04; dan 1,20 masing-masing adalah 23 cm, 25 cm, 30cm, dan 34 cm. Hasil pengujian kandungan *syngas* didapatkan pada masing-masing *AFR* yaitu *AFR* 0,72 menghasilkan 7,52% vol H₂; 12,71% vol CO; 2,64% vol CH₄ dengan total 22,87% vol. *AFR* 0,88 menghasilkan 6,97% vol H₂; 11,94% vol CO; 2,10% vol CH₄ dengan total 21,01% vol. *AFR* 1,04 menghasilkan 6,09% vol H₂; 10,44% vol CO; 1,48% vol CH₄ dengan total 18,01% vol. Dan *AFR* 1,20 menghasilkan 5,11% vol H₂; 8,95% vol CO; 0,72% vol CH₄ dengan total 14,78% vol.

Kata kunci: gasifikasi, biomassa, *air fuel ratio*, *syngas*, *gasifier*, *downdraft*.

Abstract

Gasification is the process of converting solid energy (biomass) into *syngas* that can be used as fuel. The purpose of this study is to find out the influence of *Air Fuel Ratio* that enters into the *gasifier* on the levels of *syngas* produced and the flame produced. This type of research is experiment research. Tools and materials in this study are *downdraft* type gasification reactors with coconut shell biomass fuel. The free variable in this study is the *Air Fuel Ratio* variation of *AFR* 0,72; 0,88; 1,04; and 1,20. The variables tied to this study are the temperature of the flame, the visualization of the color of the flame, the duration of the time of the flame, and the height of the flame. The results found the average temperature of the flames at the *AFR* was 0,72; 0,88; 1,04; and 1,20 are 521°C, 498°C, 462°C and 424°C, respectively. While the duration of the fire time at the *AFR* is 0,72; 0,88; 1,04; and 1,20 is 57 minutes, 46 minutes, 31 minutes, and 20 minutes, respectively. High yield on *AFR* 0,72; 0,88; 1,04; and 1,20 are 23 cm, 25 cm, 30cm, and 34 cm, respectively. *Syngas* content test results obtained in each *AFR* namely *AFR* 0,72 produced 7,52% vol H₂; 12,71% vol CO; 2,64% vol CH₄ with a total of 22,87% vol. *AFR* 0,88 produces 6,97% vol H₂; 11,94% vol CO; 2,10% vol CH₄ with a total of 21,01% vol. *AFR* 1,04 yields 6,09% vol H₂; 10,44% vol CO; 1,48% vol CH₄ with a total of 18,01% vol. And *AFR* 1,20 produces 5,11% vol H₂; 8,95% vol CO; 0,72% vol CH₄ with a total of 14,78% vol.

Keywords: gasification, biomass, *air fuel ratio*, *syngas*, *gasifier*, *downdraft*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara agraris, dan hampir di setiap wilayahnya menghasilkan tanaman kelapa. Letak Indonesia yang berada di wilayah tropis tergolong cocok untuk penanaman tanaman kelapa. Hal ini terbukti dengan banyak kita jumpai banyak tanaman kelapa yang tumbuh di daerah pegunungan, dataran rendah, maupun di pinggir pantai.

Dalam pemanfaatannya, pohon kelapa dapat diambil mulai dari daun, batang, dan terutama buah kelapa itu sendiri. Pemanfaatan tanaman kelapa sendiri sejauh ini masih sekedar diambil pada bagian buahnya untuk dijadikan minyak dan santan sebagai kebutuhan memasak. Sedangkan hasil lain seperti tempurung kelapa belum banyak dimanfaatkan. Pemanfaatan tempurung kelapa yang melimpah sekarang baru sebatas dibakar untuk dijadikan arang biasa dan telah banyak beredar di

masyarakat. Tempurung kelapa dapat dijadikan sebagai biomassa untuk energi alternatif.

Ada banyak cara yang dapat dilakukan untuk mengonversi biomassa tempurung kelapa menjadi energi. Menurut Rinovianto (2012), Gasifikasi merupakan proses konversi bahan bakar padat menjadi *syntetic gas* (CO, CH₄, dan H₂) melalui proses pembakaran aliran udara terbatas (20% - 40% udara stoikiometri). Keuntungan dari proses gasifikasi adalah hasil pembakaran gas lebih bersih dan bahan baku biomassa yang mudah didapat (Mufid, 2020).

Penelitian tentang gasifikasi serta pengembangannya telah banyak dilakukan. Seperti penelitian yang dilakukan Vidian (2008) yang melakukan penelitian Gasifikasi Tempurung Kelapa Menggunakan *Updraft Gasifier* pada Beberapa Variasi Laju Alir Udara Pembakaran. Penelitian dilakukan dengan laju aliran udara pembakaran 70,2 lpm; 91,4 lpm; dan 122,4 lpm. Hasil penelitian menghasilkan proses gasifikasi dapat menghasilkan gas mampu bakar (CO, CH₄, H₂) secara kontinyu selama kurang lebih 3 jam pengoprasian. Meningkatkan laju aliran udara akan meningkatkan pula suhu di dalam reaktor (*gasifier*), komposisi gas, laju aliran gas, efisiensi gasifikasi, dan temperatur api hasil pembakaran *producer gas*.

Lalu penelitian lanjutan oleh Najib dan Dasopuspito (2012) yang melakukan penelitian Proses Gasifikasi Biomassa Tempurung Kelapa Sistem *Downdraft* Kontinyu dengan Variasi Perbandingan Udara-Bahan Bakar (*AFR*) dan Ukuran Biomassa. Penelitian dilakukan dengan 4 variasi kecepatan suplai udara sebesar 3,57 m/s; 4,37 m/s; 5,05 m/s; dan 5,64 m/s dengan pengaturan *dimmer blower*. Didapatkan hasil LHV (*Low Heating Value*), komposisi *syn-gas* dan nyala api terbaik pada *AFR* 0,88 dan ukuran tempurung kelapa 0,8-12,6 cm². Besar LHV yaitu 4718,33 kJ/m³, komposisi *syn-gas* 39,273% dari volume total, serta nyala api yang berwarna biru. Sedangkan efisiensi gasifikasi terbaik terjadi pada *AFR* 1,17 untuk ukuran tempurung kelapa 0,8-12,6 cm². Mereka menyimpulkan bahwa semakin besar *AFR*, maka semakin kecil gas mampu bakar dan LHV *syn-gas* nya. Serta ukuran tempurung kelapa lebih kecil memiliki efisiensi gasifikasi lebih besar.

Penelitian lanjutan dilakukan oleh Hadi dan Dasopuspito (2013). Mereka meneliti Pengaruh Variasi Perbandingan Udara-Bahan Bakar Terhadap Kualitas Nyala Api Pada Gasifikasi Reaktor *Downdraft* dengan Suplai Biomassa Serabut Kelapa Secara Kontinyu. Hasilnya yaitu kandungan energi terbaik ditinjau dari LHV *syn-gas* dihasilkan pada variasi *AFR* 1,06 untuk ukurab serabut kelapa 50-100 mm dengan efisiensi reactor gasifikasi sebesar 69,87%. Pada variasi *AFR* tersebut dihasilkan komposisi *flammable gas* (Gas mampu bakar) yaitu: CO = 20,8%; H₂ = 5,34%; dan CH₄ = 4,5%. Dan

didapatkan visualisasi nyala api yang biru dengan suhu 353°C.

Merujuk dari hasil penelitian-penelitian terdahulu yang telah disebutkan sebelumnya, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian lanjutan terkait pengaruh *Air Fuel Ratio* yang masuk ke dalam *gasifier* terhadap kualitas nyala api yang akan dihasilkan. Penulis akan menggunakan *gasifier* tipe *down draft* dan akan menjadikan tempurung kelapa sebagai biomassa nya.

Menurut Riansyah (2019), *Air Fuel Ratio* (*AFR*) adalah perbandingan laju aliran massa udara (kg/s) dengan laju aliran massa bahan bakar (kg/s). Dan menjelaskan pula bahwa rasio yang tepat untuk proses gasifikasi pada gasifikasi biomassa berkisar pada angka 1,00-1,5.

Pada penelitian ini, *AFR* (*Air Fuel Ratio*) akan di variasikan. Variasi *AFR* dilakukan dengan cara mengatur kecepatan aliran udara yang masuk ke dalam *gasifier*. Udara yang masuk nantinya akan disuplai oleh blower sebagai salah satu komponen dari gasifikasi biomassa. Lalu diamati dari awal hingga tempurung kelapa di dalam *gasifier* habis, bagaimana visualisasi warna, tinggi, durasi waktu, dan temperatur api yang dihasilkan. Temperatur nyala api dipengaruhi juga oleh LHV (*Low Heating Value*) dan laju aliran *syn-gas*

Dalam penelitian lanjutan tentang gasifikasi biomassa ini, penulis memilih untuk menggunakan biomassa tempurung kelapa. Selain karena masih mudahnya tempurung kelapa untuk dijumpai di Jawa Timur khususnya Surabaya, pemanfaatan tempurung kelapa sebagai biomassa masih sedikit penggunaannya, dan kebanyakan hanya dibakar biasa untuk dijadikan arang. Untuk itu, tempurung kelapa perlu dimanfaatkan lebih optimal lagi lewat pemanfaatan sebagai bahan baku biomassa ini

METODE

Jenis Penelitian

Penelitian ini dilakukan menggunakan penelitian eksperimental untuk mengetahui pengaruh *Air Fuel Ratio* (*AFR*) yang masuk ke dalam *gasifier* terhadap kualitas nyala api pada gasifikasi tempurung kelapa dengan menggunakan *gasifier* tipe *downdraft*

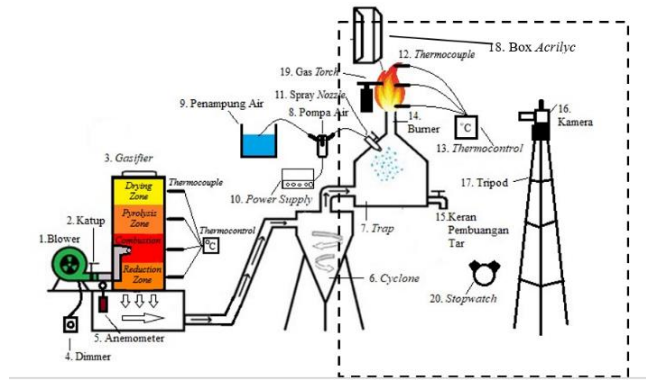
Variabel Penelitian

- Variabel Bebas
Variabel bebas adalah menjadi sebab perubahan atau timbulnya variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi *air fuel ratio* (*AFR*) yaitu *AFR* 0,72; 0,88; 1,04; dan 1,20.
- Variabel Terikat
Variabel terikat merupakan variabel yang menjadi akibat karena adanya variabel bebas. Dalam penelitian ini yang menjadi variabel terikat yaitu temperatur

nyala api, visualisasi nyala api, durasi waktu nyala api, dan tinggi nyala api.

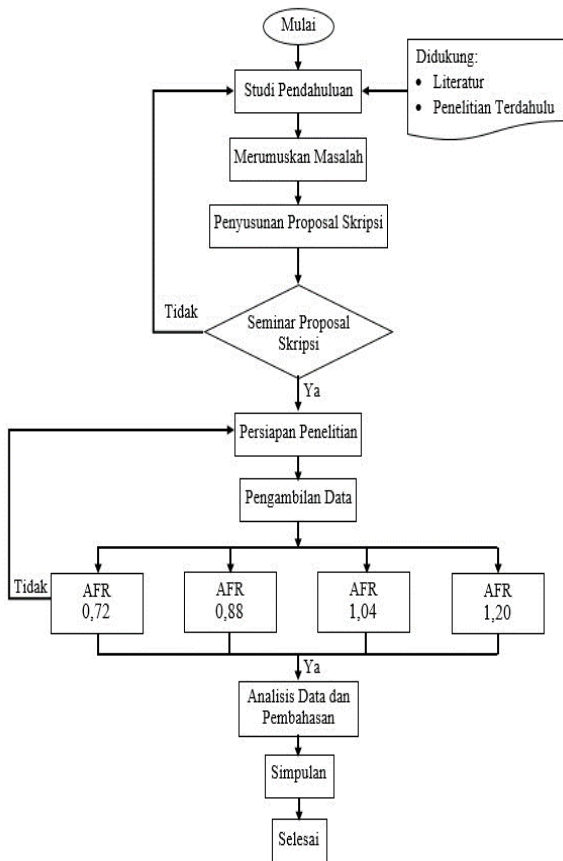
➤ Variabel Kontrol (*Control Variable*)

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 sejumlah 5,5 kg, diameter *spray nozzle* sebesar 0,3 mm, dan diameter masukan udara (*throat*) yaitu 20 mm.

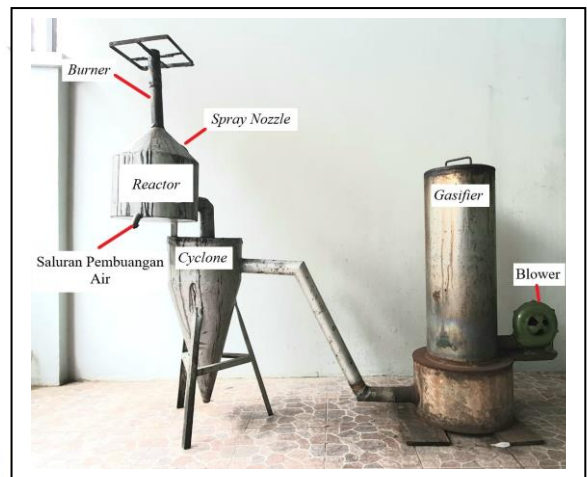


. Gambar 2. Skema Instrumen Penelitian

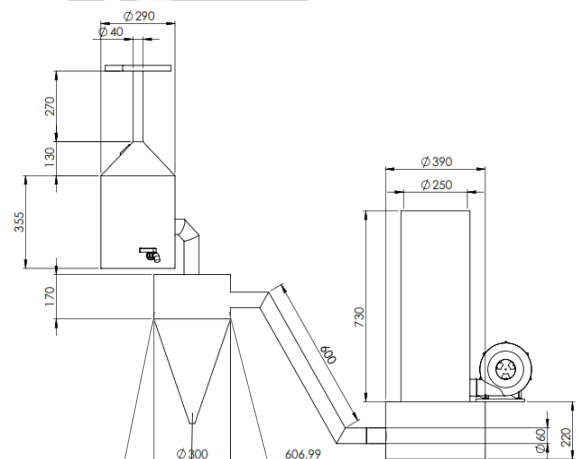
Rancangan Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. Gasifikasi Downdraft



Gambar 4. Dimensi Alat

Instrumen Penelitian

Skema instrumen penelitian akan dijelaskan pada gambar berikut:

Prosedur Pengambilan Data

- Tahap Perhitungan *Air Fuel Ratio* (AFR):

Tabel 1. Perhitungan AFR

M (Kg)	t (s)	D throat (mm)	a (m ²)	ρ udara (Kg/m ³)	v udara (m/s)	m udara (Kg/s)	m bahan bakar (Kg/s)	AFR
5,5	4500	20	0,000314	1,293	2,18	0,000885	0,0012222	0,72
5,5	4500	20	0,000314	1,293	2,66	0,001080	0,0012222	0,88
5,5	4500	20	0,000314	1,293	3,14	0,001275	0,0012222	1,04
5,5	4500	20	0,000314	1,293	3,62	0,001470	0,0012222	1,20

- Tahap Preparasi Sampel:
 - Membeli tempurung kelapa sesuai kebutuhan penelitian di Pasar Wonokromo, Surabaya.
 - Menjemur tempurung kelapa di waktu siang hari selama 3 jam di bawah sinar matahari dimulai pukul 11.00, selama 3 hari.
 - Membersihkan tempurung kelapa dari serabut-serabut yang menempel di tempurung kelapa.
 - Mempersiapkan tempurung kelapa dan air yang akan digunakan.
- Tahap Gasifikasi:
 - Membersihkan reactor sebelum digunakan.
 - Memasang *thermocontrol*, *thermometer*, box *acrylic*, kamera yang diletakkan di atas tripod, dan *stopwatch*.
 - Menimbang tempurung kelapa sesuai berat yang digunakan (5,5 kg).
 - Memasukkan tempurung kelapa seberat 2,5 kg terlebih dahulu ke dalam *gasifier*.
 - Menimbang 0,4 kg tempurung kelapa hingga menjadi bara yang digunakan sebagai pemantik di dalam *gasifier*.
 - Membakar 0,4 kg tempurung kelapa yang akan digunakan sebagai bara pemantik di dalam *gasifier*.
 - Memasukkan 0,4 kg tempurung kelapa yang telah menjadi bara ke dalam *gasifier*.
 - Menyalakan blower.
 - Mengukur kecepatan udara *blower* menggunakan *anemometer*.
 - Mengatur kecepatan udara yang telah ditentukan sebelumnya lewat *dimmer* yang akan mengontrol kecepatan *blower* dan menyetel bukaan katup yang terdapat di *blower* sesuai dengan AFR 0,72; 0,88; 1,04; dan 1,20.
 - Memasukkan tempurung kelapa yang belum dimasukkan seberat 3 kg ke dalam *gasifier*.
 - Menutup *gasifier* sampai benar-benar rapat, dan menunggu hingga *syngas* telah terbentuk di dalam *gasifier*.
 - Membakar hasil *syngas* dari proses gasifikasi pada bagian *burner* menggunakan *gas torch*.

- Membuka kran pompa, sehingga *spray nozzle* dapat menginjeksikan air ke dalam *reactor trapping*.

- Tahap Pengujian:

- Mengamati dan mencatat temperatur nyala api pada *burner* yang terbaca di *thermocouple*.
- Mengamati visualisasi warna nyala api yang keluar pada *burner* serta mengambil dokumentasi gambar menggunakan kamera.
- Menyalakan *stopwatch*, mengamati, dan mencatat durasi waktu nyala api pada *burner*.
- Mengamati dan mencatat tinggi nyala api menggunakan box *acrylic* yang telah diberi cat berpendar dan terpasang pada *burner*.
- Pengujian dilakukan pada AFR 0,72; 0,88; 1,04; 1,20 secara bergantian.
- Mengambil foto dan video untuk dokumentasi penelitian.

Teknik Analisis Data

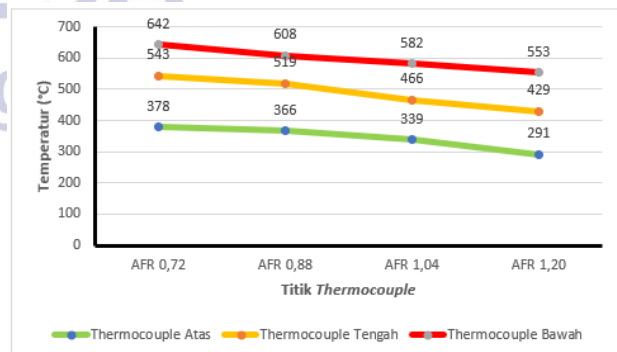
Analisis data yang digunakan yaitu menggunakan metode deskriptif kuantitatif. Data hasil penelitian yang diperoleh dimasukkan ke dalam tabel dan ditampilkan dalam bentuk grafik, kemudian dideskripsikan dengan kalimat sederhana agar mudah dimengerti dan memperoleh pemecahan masalah dari penelitian yang diteliti.

ANALISA DAN PEMBAHASAN

- Analisa dan Pembahasan Temperatur Nyala Api

Tabel 2. Data Hasil Temperatur Nyala Api Maksimal

No.	AFR	Thermocouple Bawah	Thermocouple Tengah	Thermocouple Atas	Temperatur Rata-Rata
1.	0,72	642 °C	543 °C	378 °C	521 °C
2.	0,88	608 °C	519 °C	366 °C	498 °C
3.	1,04	582 °C	466 °C	339 °C	462 °C
4.	1,20	553 °C	429 °C	291 °C	424 °C



Gambar 5. Grafik Temperatur Nyala Api

Pengukuran temperatur nyala api dari pembakaran *syngas* yaitu memakai *thermometer*, dengan menggunakan 3 titik sensor *thermocouple* yang diletakkan pada bagian atas, tengah, dan bawah dari

nyala api yang dihasilkan. Jika semakin besar temperatur nyala api yang dihasilkan, maka akan semakin besar kalor yang dihasilkan api tersebut (Pramana, 2020)


Berdasarkan tabel 2, temperatur rata-rata nyala api pada masing-masing AFR 0,72; 0,88; 1,04; 1,20 yaitu 521°C, 498°C, 462°C, dan 424°C. Temperatur rata-rata tertinggi yang berhasil diperoleh pada pengukuran ini yaitu pada AFR 0,72 yaitu 521°C. Sedangkan temperatur rata-rata terendah yang berhasil diperoleh yaitu pada AFR 1,20 yang mencapai 462°C.



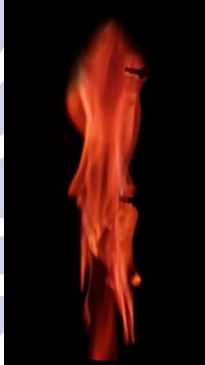
Menurut Pramana (2020), semakin bertambahnya AFR, maka mengalami penurunan temperatur api syngas yang dihasilkan. Hal ini karena seiring bertambahnya suplai udara ke gasifier, maka pembentukan syngas cenderung kurang optimal. Ketika udara yang masuk ke dalam gasifier terlalu banyak, maka akan meningkatkan terbentuknya gas O₂, N₂, dan CO₂ kemudian akan menurunkan kandungan flammable gas (gas mudah terbakar) yaitu CO, H₂, dan CH₄. Semakin banyak kandungan flammable gas pada syngas, maka temperatur nyala api akan semakin tinggi dan dapat berpengaruh ke visualisasi nyala apinya sendiri. Sebaliknya apabila kandungan flammable gas pada syngas rendah, maka temperatur nyala api akan semakin rendah begitu pula akan berpengaruh ke visualisasi nyala apinya juga (Adrieq, 2016)

• **Analisa dan Pembahasan Visualisasi Warna Api**

Tabel di bawah ini akan menunjukkan hasil visualisasi warna nyala api pada penelitian ini

Tabel 3. Visualisasi Nyala Api

No.	AFR	Visualisasi
1.	0,72	

2.	0,88	
3.	1,04	
4.	1,20	

Pada visualisasi nyala api, warna nyala api tidak didapati ada yang berwarna kebiru-biruan. Namun temperatur nyala api rata-rata tertinggi berhasil menyentuh angka 521 °C pada AFR 0,72 tetapi tidak menunjukkan api biru.

Menurut Sya'roni (2016), yang mempengaruhi semakin birunya nyala api yaitu kandungan CH₄ pada kandungan syngas bagian combustible gas (CO, H₂, dan CH₄). Dan dapat dilihat pada tabel 4 bahwa kandungan CH₄ pada syngas di AFR dengan temperatur tertinggi yaitu AFR 0,72 pun hanya menghasilkan 2,64 %vol CH₄.

Tabel 4. Data Kadar Syngas Masing-Masing AFR

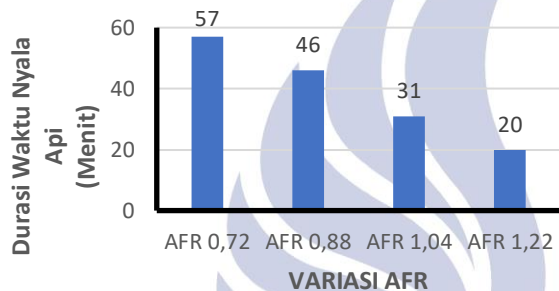
Air Fuel Ratio (AFR)	H ₂ %Vol	CO %Vol	CH ₄ %Vol	Total %Vol
0,72	7,52	12,71	2,64	22,87
0,88	6,97	11,94	2,10	21,01
1,04	6,09	10,44	1,48	18,01
1,20	5,11	8,95	0,72	14,78

Namun profil api terbaik terdapat pada *AFR* 0,72 karena temperatur api tertinggi dicapai di *AFR* 0,72. Apabila diamati pada visual api *AFR* 1,04 dan 1,20 terdapat sedikit zona *lip off* yang menandakan api cenderung hampir mati karena kecepatan aliran udara yang tinggi seiring bertambahnya *AFR*.

- Analisa dan Pembahasan Durasi Waktu Nyala Api

Tabel 5. Data Hasil Durasi waktu Nyala Api

No.	<i>AFR</i>	Durasi waktu api
1.	0,72	57 menit
2.	0,88	46 menit
3.	1,04	31 menit
4.	1,20	20 menit



Gambar 6. Grafik Penurunan Durasi Waktu Nyala Api

Pengukuran durasi waktu nyala api yang dihasilkan yaitu menggunakan alat bantu *stopwatch*. Pengukuran dilakukan dimulai sejak *syngas* yang telah dipantik api, sampai *syngas* habis dan api menjadi padam. Berdasarkan tabel 4.2, durasi nyala api yang berhasil dicapai pada masing-masing *AFR* 0,72; 0,88; 1,04; 1,20 yaitu 57 menit, 46 menit, 31 menit, dan 20 menit. Nyala api terlalu lama yaitu diperoleh pada *AFR* 0,72 dengan durasi 57 menit. Sedangkan untuk nyala api tersingkat yaitu diperoleh pada *AFR* 1,20 dengan durasi 20 menit.

Dari data di atas, dapat dilihat bahwa durasi waktu nyala api akan semakin singkat sejalan dengan peningkatan *AFR*. Menurut Hadi (2013), peningkatan kecepatan udara yang masuk ke *gasifier*, akan membuat udara yang bereaksi dengan biomassa semakin banyak pada proses pembakaran di dalam *gasifier*. Sehingga proses pembakaran semakin singkat dan biomassa cepat habis.

Menurut Myzhar (2019), kecepatan *syngas* akan meningkat sejalan dengan penambahan kecepatan udara yang masuk *gasifier*. Semakin tinggi kecepatan *syngas* yang keluar, maka debit *syngas* yang keluar cenderung meningkat. Sehingga tempurung kelapa cepat berkurang. Apabila tempurung kelapa di dalam

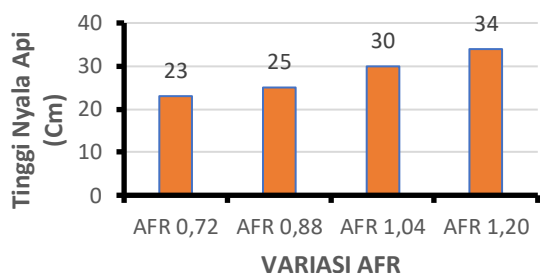
gasifier cepat berkurang, maka nyala api *syngas* akan semakin singkat.

- Analisa dan Pembahasan Tinggi Nyala Api

Tinggi nyala api dari pembakaran *syngas* diukur menggunakan box berbahan dasar *acrylic* yang diberi cat berpendar yang dimotif kotak-kotak dengan skala 1 cm.

Tabel 6. Dokumentasi Tinggi Nyala Api

No.	<i>AFR</i>	Visualisasi Tinggi Api
1.	0,72 (23 cm)	
2.	0,88 (25 cm)	
3.	1,04 (30 cm)	
4.	1,20 (34 cm)	



Gambar 7. Grafik Perubahan Tinggi Nyala Api

Berdasarkan tabel 6, tinggi nyala api yang mampu dicapai pada masing-masing AFR 0,72; 0,88; 1,04; 1,20 yaitu 23 cm, 25 cm, 30 cm, dan 34 cm. Nyala api tertinggi yang berhasil dicapai yaitu pada AFR 1,20 yang mencapai 34 cm. Sedangkan nyala api terendah yaitu pada AFR 0,72 dengan 23 cm.

Berdasarkan data di atas, nyala api semakin tinggi sejalan dengan penambahan kecepatan udara yang masuk ke *gasifier*. Oleh karena itu, semakin bertambahnya AFR, akan semakin meninggikan profil api yang diperoleh karena, semakin tinggi kecepatan udara yang masuk, maka *syngas* diproduksi semakin banyak diiringi kecepatan *syngas* yang tinggi sehingga api yang akan semakin tinggi (Riansyah, 2019).

SIMPULAN

- Temperatur rata-rata tertinggi nyala api *syngas* yang didapatkan yaitu pada AFR 0,72 yaitu sebesar 521 °C. sedangkan, temperatur rata-rata terendah nyala api *syngas* yang didapatkan yaitu pada AFR 1,20 yang mencapai 462 °C. Hal ini menunjukkan bahwa Ketika Air Fuel Ratio menurun maka mengakibatkan kandungan *flammable gas* dalam kandungan *syngas* semakin besar, dan penambahan AFR akan mengakibatkan penurunan *flammable gas* yang ditandai dengan penurunan pada temperatur nyala api tersebut.
- Pada visualisasi warna nyala api yang didapatkan, tidak diperoleh api yang berwarna kebiru-biruan. Menurut penelitian terdahulu, kandungan CH₄ sangat berpengaruh pada semakin membirunya nyala api. Oleh karena itu, peneliti menduga bahwa kandungan CH₄ yang sedikit mengakibatkan api belum menjadi kebiru-biruan.
- Durasi waktu nyala api *syngas* terbaik yaitu pada AFR 0,72 dengan 57 menit. Sedangkan, durasi waktu nyala api *syngas* tercepat yaitu pada AFR 1,20 dengan 20 menit. Hal ini menunjukkan seiring dengan penambahan AFR yang berarti aliran udara semakin besar, maka semakin banyak udara dan biomassa yang

bereaksi di dalam *gasifier*, lalu biomassa akan cepat habis.

- Tinggi nyala api *syngas* yang tertinggi diperoleh pada AFR 1,20 yaitu dengan 34 cm, sedangkan tinggi nyala api *syngas* terendah diperoleh pada AFR 0,72 dengan 22 cm. Dapat disimpulkan bahwa, semakin besar AFR maka semakin tinggi kecepatan udara yang masuk ke *gasifier* dan dapat mengakibatkan peningkatan debit *syngas* yang diproduksi, sehingga menghasilkan tinggi api yang optimal.

SARAN

- Untuk penelitian selanjutnya, agar mencari variasi Air Fuel Ratio (AFR) yang mendekati stoikiometri terlebih dahulu.
- Untuk *gasifier* sebaiknya dapat diberikan lubang pemasukan udara yang mengelilingi area *gasifier* agar proses pembakaran dapat lebih merata.
- Pada *gasifier* tipe *downdraft* dapat dibuat dengan bahan dasar yang lebih ringan supaya mempermudah proses pemindahan dan pembersihan pasca penelitian.
- Adanya penelitian lanjutan tentang desain *gasifier* dan distribusi temperature *gasifier*.

DAFTAR PUSTAKA

- Adrieq, A., Sudarmanta, B. 2016. *Studi Eksperimental Pengaruh Air Fuel Ratio Proses Gasifikasi Briket Municipa Solid Waste Terhadap Unjuk Kerja Gasifier Tipe Downdraft*. JURNAL TEKNIK ITS, 1(1).
- Budiono, Chayun. 2003. *Tantangan dan Peluang Usaha Pengembangan Energi Terbarukan di Indonesia*. Konvensi Kelistrikan Indonesia 2003. Jakarta.
- Hadi, Sholehul., 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 ITS, 2(3), B384-B387.
- Mufid, F., Anis, S. 2020. *Pengaruh Jenis dan Ukuran Biomassa terhadap Proses Gasifikasi Menggunakan Downdraft Gasifier*. Rekayasa Mesin, 10(3), 217-226.
- Myzhar, R., Heru Sutjahjo, D. 2019. *Uji Kualitas Syngas Gasifikasi Biomassa Cangkang Sawit Terhadap Afr Dan Kadar Air Pada Gasifier Tipe Updraft*. Jurnal Teknik Mesin, 7(2).
- Najib, Lailun., dan Dasopuspito, Sudjud. 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.
- Pramana Putra, Aji. dan Wayan Susila, I. 2020. *Pengaruh Variasi Laju Aliran Udara Pada Updraft Gasifier Sistem Semi Kontinyu Terhadap Kualitas Nyala Api*

Syn Gas Pada Gasifikasi Biomassa Limbah Cangkang Kemiri. Jurnal Teknik Mesin, 8(2).

Riansyah, D., Heru Sutjahjo, D. 2019. *Pengaruh Variasi Air Fuel Ratio (AFR) Pada Gasifier Terhadap Kuantitas Nyala Api Syn Gas Pada Gasifikasi Biomassa Cangkang Sawit. Jurnal Teknik Mesin, 7(2).*

Rinovianto, Guswendar. 2012. *Karakteristik Gasifikasi Pada Updraft Double Gas Outlet Gasifier Menggunakan Bahan Bakar Kayu Karet. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok.*

Sya'roni, A. I. 2016. *Analisa Warna Api Dan Suhu Pembakaran Biogas Limbah Pasar Yang Sudah Dipurifikasi Dengan Kalium Hidroksida.*

Vidian, Fajri. 2008. *Gasifikasi tempurung kelapa menggunakan updraft gasifier pada beberapa variasi laju alir udara pembakaran. Jurnal Teknik Mesin, 10(2), 88-93.*

