

**JURNAL TUGAS AKHIR
UNIVERSITAS TELKOM**

**PENGARUH VARIASI AFR TERHADAP KINERJA KOMPOR GASIFIKASI
BIOMASSA TIPE DOWNDRAFT**

Fitri Rahmadani¹, Drs. Suwandi, M.Si², Dra. Endang Rosdiana, M.Si³

¹Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

²Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

³Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹fitrirahma@students.telkomuniversity.ac.id, ²suwandi@telkomuniversity.ac.id,

³endangr@telkomuniversity.ac.id.

Abstrak

Kompor gasifikasi biomassa merupakan suatu teknologi alternatif dari teknik konversi energi yang dapat mengubah biomassa menjadi sumber energi. Namun kompor yang ada sekarang masih memiliki permasalahan pada warna api yang masih merah dan waktu operasi yang tidak lama. Oleh sebab itu pada penelitian ini dirancang kompor gasifikasi biomassa menggunakan tipe *downdraft* dengan bahan bakar kayu sengon dalam bentuk *wood pellet*. Pada penelitian ini, diujikan dua buah reaktor yang memiliki ketinggian *gasifier* berbeda yaitu 25 cm dan 20 cm. Tiap reaktor diberikan delapan variabel AFR yaitu 1,57; 1,68; 1,78; 2,1; 2,4; 2,7; 2,8; dan 2,9. Pengujian kompor dengan variasi AFR dan ketinggian *gasifier* tersebut diharapkan mampu meningkatkan kinerja kompor dengan metode pengambilan data menggunakan prosedur SNI tungku biomassa 7926:2013. Dari pengujian kompor gasifikasi biomassa yang telah dilakukan, didapat waktu operasi kompor paling lama sebesar 37 menit pada variasi AFR 2,4 dengan ketinggian *gasifier* 25 cm sedangkan nilai efisiensi thermal tertinggi terdapat pada variasi AFR 1,78 dengan ketinggian *gasifier* 20 cm yaitu sebesar 15,56% dan pada AFR 2,1 dengan ketinggian *gasifier* 25 cm didapat nilai intensitas warna api biru terbesar yaitu 39,65%. Rata – rata kinerja kompor semakin baik jika mendekati nilai stokiometri serta semakin rendah ketinggian *gasifier* maka efisiensi thermal, suhu api, laju kalor yang dihasilkan akan semakin tinggi.

Kata Kunci: kompor gasifikasi biomassa; *downdraft*; *wood pellet*; AFR

Abstract

Biomass gasification stoves are one of the alternative technologies of energy conversion techniques that can convert biomass into energy sources. But the stove is now still have problems with the color of the flame is still red and the operation time is not long. Therefore, this research is designed with biomass gasification stove using *downdraft* type with wood pellet fuel. In this study, tested two reactors that have a different height of *gasifier* is 25 cm and 20 cm. Each reactor is given eight variables of AFR, i.e. 1.57; 1.68; 1.78; 2.1; 2.4; 2.7; 2.8; and 2.9. Testing of the *downdraft* type gasification stove with a variation of AFR and altitude of the *gasifier* is expected to improve the performance of the biomass gasification stove with data retrieval methods using the SNI furnace biomass 7926:2013 procedure. From the testing of biomass gasification that has been done, it was obtained that the operation time of the stove longest 37 minutes in variations of AFR 2.4 with height *gasifier* 25 cm while the highest thermal efficiency value is found in the variation of AFR 1.78 with a height of 20 cm *gasifier* is 15.56% and on AFR 2.1 with a height of 25 cm *gasifier* obtained the greatest intensity of the blue flame color is 39.65%. The average of the performance of the stove is getting better if approaches the value of stochiometry and lower the height of *gasifier* then thermal efficiency, flame temperature, heat rate will be higher.

Keyword: Biomass gasification stoves; *downdraft*; *wood pellet*; AFR.

1. Pendahuluan

Peningkatan pertumbuhan penduduk sangat berdampak besar terhadap produksi energi di Indonesia. Konsumsi bahan bakar fosil di Indonesia tiap tahunnya selalu mengalami peningkatan seiring dengan pertambahan penduduk[1], disisi lain produksi bahan bakar fosil ini semakin lama semakin mengalami penurunan. Untuk mengatasi masalah krisis energi ini maka diperlukan sumber – sumber energi alternatif yang ketersediannya sangat melimpah di Indonesia salah satunya adalah biomassa.

Energi biomassa merupakan energi alternatif yang berasal dari limbah organik contohnya limbah pertanian. Salah satu sumber biomassa yang sangat melimpah adalah limbah padatan berupa serbuk gergaji kayu sengon, potensi tanaman sengon mencapai 50,08 juta atau sekitar 83,69% dari total populasi pohon yang ada di Indonesia[2].

Limbah padatan berupa serbuk gergaji kayu sengon ini dapat dikonversi menjadi energy dengan menggunakan metode gasifikasi yang kemudian dapat diaplikasikan pada kompor gasifikasi. Di Indonesia kompor gasifikasi sudah banyak diteliti dan dikembangkan untuk

mendapatkan performa kompor yang lebih baik seperti menggunakan bahan bakar dari tongkol jagung pada AFR 1,05[3]. Nasrul Ilminnafik, dkk [2016] menggunakan bahan sekam padi pada AFR 1,62 dengan tipe *downdraft* menghasilkan warna api yang biru, kadar tar yang dihasilkan rendah dan proses pembuatan yang tidak memakan biaya besar tetapi kekurangannya adalah waktu nyala api yang tidak lama[4]. Pada laboratorium energi Jurusan Teknik Fisika Universitas Telkom telah dikembangkan juga mengenai kompor gasifikasi seperti Chartika [2019] menganalisis kompor gasifikasi terhadap pengaruh variasi jenis bahan bakar (kayu sengon, kayu jati dan sekam padi) dengan menggunakan tipe gasifier *top lit up – draft* yang menghasilkan warna api merah dengan suhu 317°C dan kadar arang yang dihasilkan tinggi[5]. Berbagai desain kompor gasifikasi juga telah dikembangkan oleh Anggara, Rizky [2019] dengan menggunakan variasi jumlah lubang reaktor untuk menentukan kinerja kompor, tipe gasifier yang digunakan adalah *top lit up – draft* dengan hasil penelitian laju kalor tertinggi 987,29 kkal/jam, warna api merah dan kadar char yang dihasilkan tinggi [6]. Melihatkinerjadarikompor yang belum maksimal perlu dilakukan penelitian untuk meningkatkan *performance* dari kompor gasifikasi, salah satu cara meningkatkan *performance* kompor adalah dengan cara mengubah tipe *gasifier* yang digunakan dan mengatur perbandingan antara laju masa bahan bakar dengan laju masa udara (AFR), pada penelitian ini tipe *gasifier* yang digunakan adalah tipe *downdraft*. Penelitian ini dikembangkan dengan maksud meningkatkan kinerja dari kompor gasifikasi untuk sektor rumah tangga dan industri kecil.

2. Dasar Teori /Material dan Metodologi/perancangan

2.1 Pengertian Biomassa

Biomassa merupakan sumber energy terbarukan tertua di bumi yang sangat melimpah. Biomassa dapat didefinisikan sebagai semua bahandari tumbuhan dan hewan yang dapat dikonversikan menjadi energi, kandungan biomassa terdiri dari hemiselulosa, lignin, dan selulosa [2] yang kemudian dapat dikonversi menjadi energy panas dengan prinsip gasifikasi.

Salah satu biomassa yang dimanfaatkan pada proses gasifikasi adalah biomassa kayu sengon. Pada proses gasifikasi, biomassa kayu sengon akan mengalami proses pembakaran di dalam gasifier yang menghasilkan produk berupa *syngas* (H_2 , Co, dan CH_4) yang kemudian dapat dimanfaatkan sebagai gas bakar dan menghasilkan energi panas.

2.2 Gasifikasi

Gasifikasi adalah proses terjadinya perubahan bahan bakar padat berupa biomassa menjadi gas

dengan proses secara termokimia. Gasifikasi dilakukan dengan menggunakan temperatur tinggi dan mengendalikan jumlah oksigen dan uap untuk dapat mengkonversi biomassa menjadi hidrogen dan karbon monoksida [2].

Proses gasifikasi dapat dijelaskan sebagai proses pembakaran bertahap. Tahapan proses gasifikasi terbagi menjadi empat tahap yaitu:

1. Proses Pengerinan

Merupakan tahap awal dari proses gasifikasi, proses ini bertujuan untuk mengurangi kadar air yang ada pada biomassa dimana kandungan air tersebut diuapkan oleh gas panas dengan temperatur 100-300°C.

2. Proses Pirolisis

Setelah melakukan pengeringan bahan bakar, maka bahan bakar perlahan lahan akan masuk ke ruang bakar dan mengalami pemanasan awal pada suhu 500-700 °C, hal ini dimulai dari penguapan air, dekomposisi hemiselulosa pada suhu 200 – 260 °C, dekomposisi selulosa pada suhu 240 – 340 °C, dan terakhir dekomposisi lignin pada suhu 280 - 500 °C. Produk dari proses ini berupa cairan (tar), gas (CO_2 , CO , H_2 , H_2O), dan arang. Pada proses pirolisis yang berlangsung lambat akan membentuk arang dalam jumlah yang banyak.

3. Proses Oksidasi

Mengoksidasi kandungan yang dihasilkan dari proses pirolisis diantaranya arang, tar, gas dengan reaksi endotermik

4. Proses Reduksi

Reaksi berlangsung pada suhu 400 - 900°C. Reduksi gas CO_2 dihasilkan melalui reaksi kesetimbangan *Boudouard equilibrium reaction* dan reduksi pada gas H_2O melalui reaksi kesetimbangan *water-gas reaction*, dimana proses tersebut dipengaruhi oleh suhu dan tekanan sehingga akan menyebabkan terjadinya pertukaran uap air dan reduksi CO_2 oleh arang karbon.

2.3 Kompor Gasifikasi

Merupakan sistem yang membakar biomassa untuk dapat menghasilkan kalor/panas melalui proses gasifikasi yang tujuannya untuk proses memasak. Pada penelitian kompor biomassa terdapat komponen pendukung kompor yaitu:

- a. Reaktor/ ruang pembakaran
Tempat terjadinya proses pembakaran dan gasifikasi.
- b. Lubang reaktor
Befungsi sebagai suplai udara sekunder atau udara yang berasal dari lingkungan yang fungsinya untuk membantu proses pembakaran pada reaktor.
- c. Lubang kipas

- Berfungsi sebagai suplai udara primer yang tujuannya untuk membantu proses pengeringan bahan bakar dan pembakaran.
- d. Hopper Sebagai tempat memasukkan bahan bakar dan penampung bahan bakar.
 - e. Lubang panci Sebagai tempat panci diletakkan dan tempat keluarnya kalor yang dihasilkan.
 - f. Ask box Sebagai penampung abu sisa pembakaran.

pada kompor gasifikasi biomassa terdapat tiga tipe reaktor yaitu:

i. Tipe updraft

Pada tipe ini bahan bakar dimasukkan pada bagian atas ruang bakar dan bergerak ke bawah secara perlahan-lahan. Untuk suplai udara dan api dilakukanlah penyalan pada bagian bawah sehingga gas panas hasil pembakaran mengalir ke atas melewati bahan bakar yang belum terbakar sementara bahan bakar akan terus bergerak ke bawah.

ii. Tipe downdraft

Gasifikasi tipe ini aliran udara bergerak dari atas menuju ke zona gasifikasi melewati zona *pyrolysis*. Peristiwa ini akan membuat tar yang terkandung dalam asap akan ikut terbakar, sehingga gas yang dihasilkan lebih bersih.

iii. Tipe crossdraft

Pada tipe ini aliran udara mengalir dari bagian samping ruang pembakaran dan bergerak tegak lurus melewati bahan bakar dengan menghasilkan gas *pyrolysis*.

2.4 Parameter dan Perhitungan Kompor

Terdapat beberapa parameter pengujian kinerja kompor gasifikasi biomassa. Berikut adalah parameter yang biasa digunakan untuk menentukan kinerja kompor gasifikasi biomassa.

a) Waktu Operasi

Parameter ini menunjukkan durasi waktu sejak gas pirolisis mulai timbul hingga gas tersebut tidak diproduksi lagi yang dapat ditunjukkan dengan dengan padamnya api karena kandungan yang tersisa hanya char saja.

b) Total Waktu Operasi

Jumlah dari waktu mulainya penyalan api yang disebabkan terbakarnya bahan bakar sampai api tidak menyala lagi. Total waktu operasi merupakan hasil penjumlahan dari waktu start up dan waktu operasi.

c) AFR

Perbandingan antara laju masa bahan bakar dengan laju masa udara.

$$AFR = \frac{\dot{m} \text{ bahan bakar}}{\dot{m} \text{ udara}}$$

Dimana:

\dot{m} bahan bakar: laju masa bahan bakar (kg/s)

\dot{m} udara: laju masa udara (kg/s)

Untuk menentukan laju masa bahan bakar dapat menggunakan rumus:

$$\dot{m} \text{ bahan bakar} = \frac{m \text{ bahan bakar}}{t}$$

Dimana :

\dot{m} bahan bakar: laju masa bahan bakar (kg/s)

m bahan bakar: masa bahan bakar (kg)

t: waktu operasi (s)

Untuk menentukan laju masa udara dapat menggunakan rumus:

$$\dot{m} \text{ udara} = Q \text{ udara} \times \rho \text{ udara}$$

Dimana:

\dot{m} udara: laju masa udara (kg/s)

Q udara: debit udara (m³/s)

ρ udara: masa jenis udara (kg/m³)

d) Persentase Warna Api

Dalam menentukan persentase warna api dapat menggunakan *software* MATLAB, gambar api yang telah diambil pada proses penelitian dimasukkan dalam aplikasi matlab, dan akan disajikan masing – masing warnadalam bentuk tabel.

e) Persentase Char

Persentase char merupakan perbandingan antara masa arang dengan masa bahan bakar, yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Persentase char} = \frac{m \text{ Arang}}{m \text{ Bahan Bakar}} \times 100\%$$

Dimana:

m arang: masa arang(kg)

m bahan bakar: masa bahan bakar (kg).

f) Waktu Pendidihan

Pada parameter ini menjelaskan waktu yang dibutuhkan untuk mendidihkan air dengan

masa 1 kilogram, kemudian diukur sampai suhunya mencapai 100°C.

g) Kalor Sensibel

Kalor sensible adalah sejumlah energi yang terlibat pada perubahan temperature atau suhu suatu zat tanpa mengubah fasa (wujud) dari zat tersebut. Persamaan dari kalor sensible dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$SH = M \times Cp \times (T_2 - T_1)$$

Dimana:

SH: Kalor Sensibel (kkal)

M: Masa air yang dididihkan (kg)

Cp: kalorspesifik air (kkal/kg.°C)

T₂: Temperatur air mendidih (°C)

T₁: Temperatur awal air (°C)

h) Kalor Laten

Parameter ini merupakan sejumlah energi kalor yang digunakan untuk mengubah wujud air menjadi gas (penguapan). Persamaan dari kalor laten dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$L = M \times H_{fg}$$

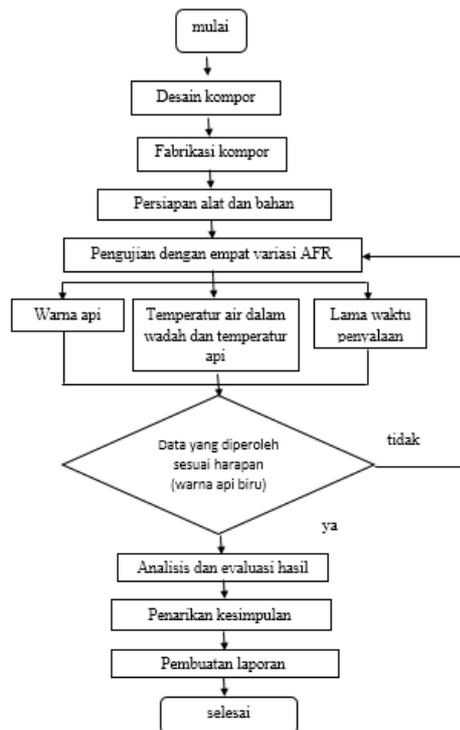
Dimana L: kalor laten (kkal)

M: masa uap air (kg)

2.5 Metodologi Penelitian

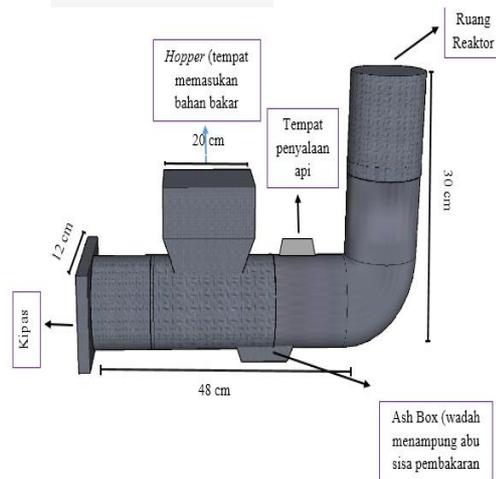
Penelitian ini dilakukan di luar gedung Fakultas Teknik Fisika Telkom University dengan menggunakan kompor gasifikasi biomassa tipe downdraft dengan bahan bakar wood pellet kayu sengon, dengan memvariasikan nilai dari perbandingan laju masa bahan bakar dengan laju masa udara (AFR) dan ketinggian gasifier (20 cm dan 25 cm). Variasi nilai AFR yang digunakan yaitu AFR 1.57; 1.68; 1.78; 2.1; 2.4; 2.7; 2.8 dan 2.9.

Pada penelitian ini kompor gasifikasi biomassa akan diuji dengan metode SNI untuk melihat kinerja kompor gasifikasi yang dihasilkan. Adapun gambaran umum terkait sistematika penelitian dapat dilihat pada gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Model kompor gasifikasi biomassa yang digunakan adalah tipe downdraft dengan bantuan udara yang berasal dari kipas yang dapat dilihat pada gambar 2 dibawah ini.

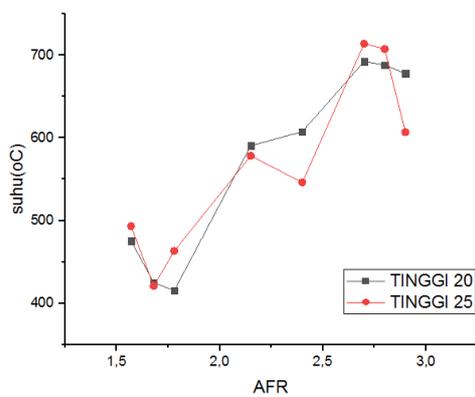


Gambar 2. Desain Kompor Gasifikasi Tipe Downdraft

3. Pembahasan

3.1. Pengujian Suhu Api

Pengukuran suhu api dimulai setelah api mulai terbentuk dan stabil. Hasil pengujian suhu api dengan variasi nilai AFR dan variasi ketinggian gasifier dapat disajikan pada gambar 3 dibawah ini.



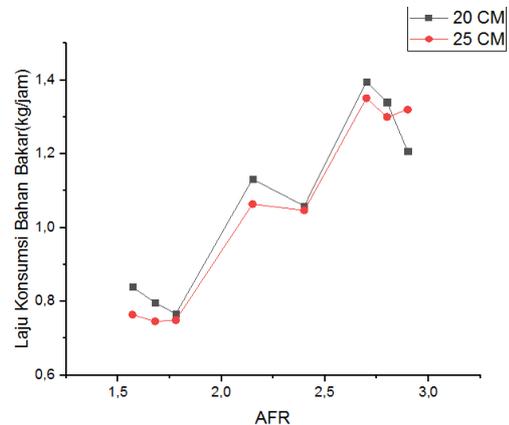
Gambar 3 Grafik AFR Terhadap Suhu Api

Dari gambar 3 didapat bahwa suhu api maksimum untuk masing – masing variabel penelitian terjadi pada AFR 2,7 dan ketinggian gasifier 25 cm dengan suhu api mencapai $714,07^{\circ}\text{C}$. Sedangkan suhu api maksimum untuk ketinggian gasifier 20 cm terdapat pada variasi AFR 2,7 dengan suhu mencapai $692,455^{\circ}\text{C}$. Hal ini disebabkan pada variasi AFR 2,7 perbandingan antara laju masa bahan bakar dengan laju masa udara dapat dikatakan seimbang mengingat pada AFR 2,7 digunakan bahan bakar 800 gram dengan kecepatan angin yang maksimum yaitu mencapai 5,7 m/s.

Rata – rata suhu api tertinggi yang dihasilkan dari variasi ketinggian gasifier adalah $571,5706^{\circ}\text{C}$ pada tinggi reaktor 20 cm, sedangkan pada ketinggian gasifier 25 cm rata rata suhu yang dihasilkan $566,3463^{\circ}\text{C}$. Hal ini disebabkan pada ketinggian gasifier 20 cm api yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan dengan api yang dihasilkan pada ketinggian gasifier 25 cm karena dibantu oleh suplai udara yang berasal dari lingkungan yang kemudian akan menghasilkan api yang besar sehingga suhu api akan lebih mudah terdeteksi oleh sensor suhu yang berada pada permukaan reaktor. Suhu api yang dihasilkan bersifat fluktuatif, hal ini disebabkan oleh frekuensi udara sekunder yang tidak dikontrol (tidak stabil) yang menyebabkan terjadinya perbedaan amplitudo yang dihasilkan, dan ketidak seragaman kandungan kadar air dan ukuran pada wood pellet kayu sengon yang menyebabkan perbedaan laju kecepatan pembakaran yang dihasilkan serta tingginya tingkat kebocoran pada reaktor dan kurang baiknya dalam menginsulasi gasifier.

3.2 Pengujian Laju Konsumsi Bahan Bakar(FCR)

FCR merupakan hasil perbandingan antara masa bahan bakar biomassa yang diperlukan dengan waktu operasi. Data hasil pengujian FCR dapat dilihat pada gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4. Grafik AFR terhadap FCR

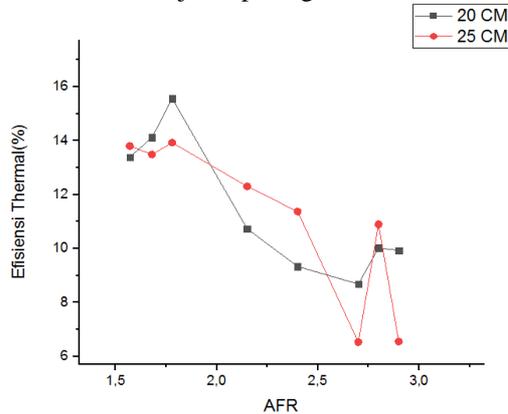
Dari gambar 4 dapat disimpulkan bahwa Rata – rata laju konsumsi bahan bakar tertinggi berada pada variasi nilai AFR 2,7 pada ketinggian gasifier 20 cm yang mencapai 1,3959 kg/jam, dan untuk variasi ketinggian gasifier 25 cm rata rata laju konsumsi bahan bakar tertinggi berada pada variasi AFR 2,7 juga dengan laju konsumsi bahan bakar mencapai 1,35 kg/jam. Hal ini disebabkan karena pada AFR 2,7 digunakan bahan bakar sebanyak 800 gram dan jug suplai udara yang sangat tinggi sehingga dihasilkan FCR dengan nilai yang cukup tinggi.

Rata – rata nilai FCR tertinggi berada pada ketinggian gasifier 20 cm yang mencapai 1,066956 kg/jam dibandingkan dengan ketinggian gasifier 25 cm yang mencapai 1,04265 kg/jam, hal ini dipengaruhi oleh udara sekunder(udara dari lingkungan) sangat tinggi begitu juga dengan udara primer yang berasal dari kipas yang cukup tinggi sehingga menyebabkan proses devolatilisasi semakin cepat dan juga akan menimbulkan proses pembakaran yang cepat yang mengakibatkan bahan bakar akan cepat habis.

3.3 Pengujian Efisiensi Thermal

Efisiensi termal merupakan jumlah energi kalor yang dibutuhkan untuk menguapkan (kalor laten) dan mendidihkan (kalor sensibel) air terhadap jumlah energi kalor yang terdapat pada bahan bakar. Efisiensi termal yang dihasilkan pada

penelitian ini disajikan pada gambar 5 dibawah ini.



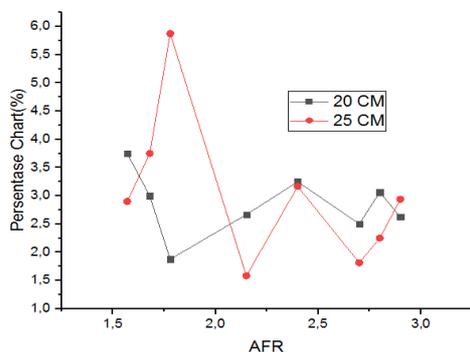
Gambar 5 Grafik AFR Terhadap Efisiensi Thermal

Berdasarkan gambar 5 didapat efisiensi termal tertinggi terjadi pada variasi ketinggian gasifier 20 cm yang terdapat pada AFR 1,78 yang mencapai 15,6667% sedangkan pada variasi ketinggian gasifier 25 cm efisiensi termal tertinggi juga terdapat pada AFR 1,78 yaitu mencapai 13,93%. Hal ini disebabkan pada AFR 1,78 perbandingan antara bahan bakar dengan udara hampir mendekati stokiometri (1) sehingga efisiensi yang dihasilkan cukup tinggi tetapi ketika digunakan nilai AFR dibawah 1,78 efisiensi yang dihasilkan menurun, hal ini dipengaruhi oleh suplai udara yang berasal dari lingkungan yang membuat data penelitian tidak stabil.

Rata – rata efisiensi thermal yang dihasilkan dari ketinggian gasifier 20 cm lebih tinggi dibandingkan dengan ketinggian 25 cm yaitu 11,47569 dan 11,11273. Hal ini disebabkan pada variasi ketinggian gasifier 20 cm, bagian bawah kompor lebih dekat dengan api sehingga akan lebih cepat memanaskan dan kehilangan kalor (*heat loss*) ke lingkungan dapat terminimalisir.

3.4 Pengujian Persentase Char

Hasil pengujian mengenai persentase char dapat disajikan pada gambar 6 dibawah ini.



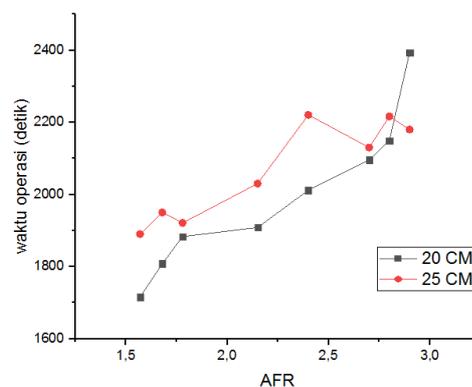
Gambar 6 Grafik AFR Terhadap Persentase Char

Dari gambar 6 dapat dilihat bahwa persentase char tertinggi terdapat pada variasi ketinggian gasifier 20 cm dan pada variasi AFR 1,57 yaitu mencapai 3,75% sedangkan untuk ketinggian gasifier 25 cm terdapat pada AFR 1,78 yaitu mencapai 5,875 %.

Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa persentase arang terendah pada variasi ketinggian gasifier 25 cm terdapat pada AFR 2,15 yaitu mencapai 1,583%, sedangkan untuk ketinggian gasifier 20 cm persentase char terendah berada pada AFR 1,78 yaitu mencapai 1,875%. Dari hasil pengujian tersebut dapat dilihat bahwa variasi nilai AFR sangat mempengaruhi persentase char. Adapun persentase char yang kecil menunjukkan bahwa semakin rendah ketinggian gasifier maka kinerja kompor semakin baik Hal ini dikarenakan udara sekunder yang berasal dari lingkungan menyebabkan terjadi proses gasifikasi yang sempurna sehingga meminimalisir char yang dihasilkan. Tetapi besarnya suplai udara sekunder menyebabkan data yang dihasilkan tidak stabil karena udara yang berasal dari lingkungan yang tidak stabil.

3.5 Pengujian Waktu Operasi

Waktu operasi merupakan waktu yang diukur ketika api mulai menyala hingga api padam (bahan bakar habis). Data hasil pengujian dapat disajikan pada gambar 7 dibawah ini.



Gambar 7. Grafik AFR Terhadap Waktu Operasi

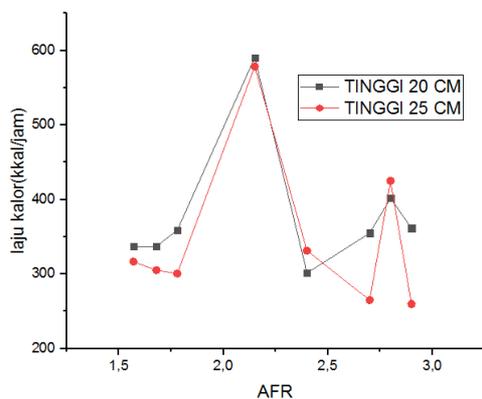
Dari gambar.7 dapat dilihat bahwa waktu operasi tertinggi untuk ketinggian gasifier 20 cm berada pada variasi AFR 2,9 yang mencapai 2394 detik, sedangkan pada ketinggian gasifier 25 cm waktu operasi tertinggi berada pada variasi AFR 2,4 yaitu mencapai 2221 detik. Hal ini disebabkan pada variasi AFR 2,9 masa bahan bakar yang digunakan cukup tinggi dibandingkan dengan variasi AFR

yang lain sehingga waktu operasi yang dihasilkan juga tinggi.

Rata – rata waktu operasi pada ketinggian gasifier 25 cm lebih besar dibandingkan dengan ketinggian gasifier 20 cm yaitu mencapai 1996,063 detik dan 2067,688 detik. Hal ini disebabkan ketika menggunakan gasifier dengan ketinggian 20 cm laju udara sekunder yang masuk dari lingkungannya cukup besar disebabkan karena terlalu pendeknya bagian badan reaktor sehingga udara dari lingkungan akan mudah untuk masuk ke dalam reaktor yang mengakibatkan kadar udara yang berada pada reaktor cukup tinggi dan mempercepat terjadinya proses gasifikasi dan pembakaran.

3.6 Pengujian Laju Kalor

Laju perpindahan kalor pada percobaan kompor gasifikasi merupakan kemampuan kompor untuk meningkatkan suhu air (kalor sensibel) dan menguapkan air (kalor laten) selama periode waktu kompor beroperasi. Grafik hasil penelitian mengenai laju kalor yang dihasilkan disajikan pada gambar 8 dibawah ini.



Gambar 8. Grafik AFR Terhadap Laju Kalor

Dari gambar 8 dapat disimpulkan Laju kalor tertinggi untuk ketinggian gasifier 20 cm terdapat pada variasi AFR 2,8 yang mencapai 401,869 kkal/jam, sedangkan pada ketinggian gasifier 25 cm laju kalor tertinggi berada pada AFR 2,8 yaitu mencapai 425,153 kkal/jam.

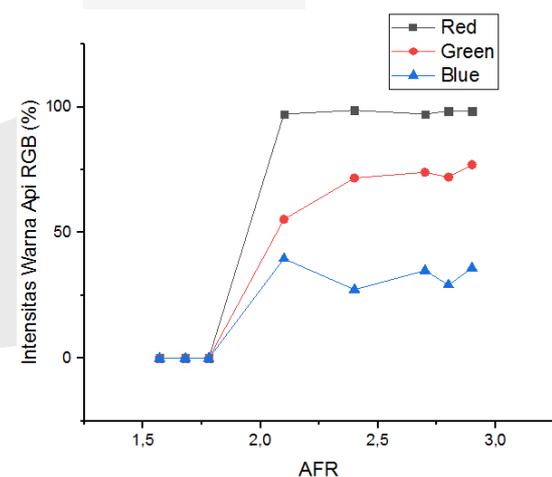
Dari grafik dapat dilihat laju kalor terendah untuk ketinggian gasifier 20 cm terdapat pada variasi AFR 2,4 yang mencapai 301,501 kkal/jam, sedangkan pada ketinggian gasifier 25 cm laju kalor terendah terdapat pada variasi AFR 2,9 yaitu mencapai 259,784 kkal/jam. Dari grafik juga dapat diamati bahwa data yang dihasilkan sangat fluktuatif hal ini disebabkan karena pengambilan data yang berada diluar ruangan sehingga udara dari lingkungan sangat berperan dalam proses gasifikasi dan juga kontak antara api dengan panci

yang tidak merata membuat proses laju perpindahan kalor tidak merata.

4.7 Pengujian Warna Nyala Api

Warna nyala api merupakan hasil perpaduan dari volatile matter, jelaga dan campuran udara (baik primer maupun sekunder). Warna nyala api menunjukkan terdapat fenomena di dalam api dimana api mengemisikan gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang tertentu. Pada proses pirolisis akan dihasilkan gas mampu bakar yang kemudian akan direaksikan dengan oksigen untuk dapat menghasilkan energi panas, radikal OH mengemisikan spektrum gelombang UV sehingga cenderung berwarna kuning hingga merah, sedangkan CH dan C₂ mengemisikan spektrum gelombang hijau dan biru.

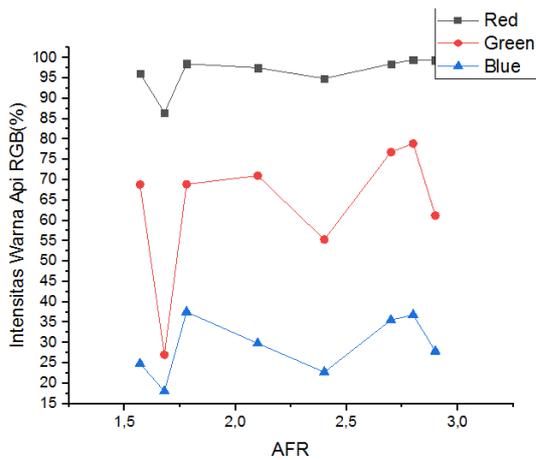
Pada penelitian ini warna api yang dihasilkan masih belum mencapai warna biru, variasi nilai AFR yang memiliki nilai intensitas api warna biru yang cukup besar terdapat pada AFR 2,1 yaitu mencapai 39,65%. Secara keseluruhan warna api yang dihasilkan adalah kuning kemerahan hal ini dikarenakan pembentukan radikal OH lebih banyak dibandingkan dengan CH dan C₂ sehingga api yang dihasilkan cenderung kemerahan. Pembentukan kadar CH dan C₂ yang sedikit disebabkan oleh suplai udara sekunder yang terlalu besar sehingga konsentrasi gas pirolisis yang dihasilkan relatif kecil karena ada konsentrasi N₂ yang lebih banyak. Adapun hasil dari pengujian warna nyala api dari kompor gasifikasi biomass disajikan pada gambar 9 dibawah ini.



Gambar 9 Grafik AFR Terhadap Nilai RGB Pada Ketinggian Gasifier 25 cm

Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa pada variasi AFR dari 1,58 hingga 1,78 tidak terdapat nilai RGB, hal ini disebabkan api yang dihasilkan pada proses pembakaran tidak mampu mencapai bagian atas reaktor karena reaktor yang digunakan cukup tinggi sedangkan bahan bakar

yang digunakan hanya 400 gram. Pada ketinggian gasifier 20 cm warna api yang dihasilkan juga masih merah, nilai intensitas warna biru paling besar adalah 37,55% dengan AFR 1,78. Adapun grafik mengenai nilai RGB yang dihasilkan pada ketinggian gasifier 20 cm akan disajikan pada grafik dibawah ini.



Gambar 10. Grafik AFR Terhadap Nilai RGB Pada Ketinggian Gasifier 20 cm

Warna nyala api yang dihasilkan pada kompor gasifikasi tipe ini cenderung berwarna merah kekuningan, gambar warna api yang dihasilkan mulai dari api menyala hingga api mulai redup disajikan pada gambar 11 dibawah ini.



Gambar 11. Gambar Warna Api Dari Awal Hingga Akhir Operasi

4. Kesimpulan

1. Performa kompor gasifikasi yang diuji menghasilkan efisiensi thermal paling tinggi sebesar 15,56 % yang terdapat pada variasi AFR 1,78 dengan tinggi gasifier 20 cm, efisiensi yang dihasilkan pada penelitian ini belum memenuhi standar metode SNI 7096:2013. Sedangkan untuk laju konsumsi bahan bakar (FCR) untuk variasi AFR 1,587; 1,68; dan 1,78 dan variasi ketinggian gasifier telah memenuhi standar SNI Tungku Biomassa karena dengan menggunakan bahan bakar <1kg sudah dapat mendidihkan air sebanyak 1 liter.
2. Variasi ketinggian gasifier yang diterapkan pada kompor gasifikasi memberikan pengaruh terhadap kinerja kompor. Rata –

rata ditiap ketinggian gasifier, semakin rendah ketinggian gasifier maka semakin besar nilai efisiensi termal dan laju kalor yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena jarak sumber api dengan bagian permukaan panci tidak terlalu jauh sehingga meminimalisir terjadinya *heat loss*.

3. Variasi nilai AFR yang diterapkan pada kompor gasifikasi memberikan pengaruh terhadap efisiensi thermal yang dihasilkan. Semakin dekat nilai AFR dengan nilai stokiometri maka akan semakin baik kinerja kompor yang dihasilkan, tetapi karena pengambilan data yang berada diluar ruangan mengakibatkan aliran udara sekunder yang tidak terkontrol sehingga data yang dihasilkan fluktuatif.
4. Semua data dari hasil pengujian bersifat fluktuatif hal ini disebabkan karena pengambilan data yang berada di luar ruangan dan pengaruh ketidakseragaman kandungan kadar air serta ukuran wood pellet kayu sengon yang berdampak terhadap perbedaan laju kecepatan pembakaran yang dihasilkan, hal lain yang juga menjadi faktor adalah tingkat kebocoran reaktor yang tinggi dan kurang baiknya dalam menginsulasi gasifier.

Daftar Pustaka

- [1] D. Migas, "Ketahanan Energi dari Gas Bumi," BUMI (Buletin SKK Migas), Jakarta, 2017.
- [2] Y. D, Kebijakan Energi Lingkungan, Jakarta : Pustaka LP3ES, 2017.
- [3] A. G. Putri, "Pengaruh Variasi Temperatur Gasifying Agent II Media Gasifikasi Terhadap Warna dan Temperatur Api Pada Gasifikasi Reaktor Downdraft dengan Bahan Baku Tongkol Jagung," Institut Teknologi Sepuluh November, surabaya, 2009.
- [4] I. Nasrul, "Karakteristik Api Syngas Pada Gasifikasi Downdraft Dengan Bahan Biomassa Sekam Padi," Teknik Mesin, Universits Jember , Jawa Timur, 2016.

- [5] F. Chartika, "Pengaruh Jenis Bahan Bakar dan Kecepatan Aliran Udara Terhadap Kinerja Kompor Gasifikasi Biomassa," Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Fisika Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Bandung, 2019.
- [6] A. Rizky, "Pengaruh Jumlah Lubang Udara Pada Tungku Pembakaran Serta Variasi Kecepatan Aliran Udara Terhadap Kinerja Kompor Gasifikasi Dengan Bahan Bakar Pelet Kayu Jati," Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Fisika Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Bandung, 2019.

