

## Analisis Efisiensi Gasifikasi Pada Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBM) Tongkol Jagung Kapasitas 500 KW di Kabupaten Gorontalo

Muammar Zainuddin<sup>1</sup>, Miftakhul Fujiaman<sup>2</sup>, Dina Mariani<sup>3</sup>, Muhamad Aswalatah<sup>4</sup>

<sup>1,3,4</sup> Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Ichsan Gorontalo

Jl. Drs. Achmad Najamuddin Kota Gorontalo

Email: muammarzainuddin@gmail.com

<sup>2</sup>PT. PLN (Persero) Area Gorontalo

Jl. Jend. Sudirman No. 63, Kota Gorontalo, Indonesia

Email: fujihamanmiftakhul@gmail.com

### ABSTRAK

Proses produksi listrik oleh pembangkit listrik tenaga biomassa tongkol jagung di Kabupaten Gorontalo menggunakan teknologi gasifikasi. Dimana proses pembakaran biomassa menghasilkan gas sintesa yang digunakan sebagai bahan bakar generator. Kualitas produksi listrik oleh generator ditentukan oleh kualitas bahan bakar. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai Efisiensi Gasifikasi yang dihasilkan oleh PLTBM. Metode penelitian yang digunakan yaitu dengan melakukan pengukuran langsung dan analisa matematik terhadap data yang diperoleh. Hasil penelitian menunjukkan massa udara dalam kondisi biomassa kering semakin meningkat seiring naiknya *Air-Fuel Ratio* (AFR). Peningkatan nilai AFR dapat meningkatkan suplai laju alir massa udara yang masuk ke dalam reaktor gasifikasi. Efisiensi gasifikasi terhadap variasi AFR menunjukkan peningkatan seiring naiknya variasi AFR. Proses gasifikasi membutuhkan suplai udara yang cukup dalam jumlah yang terbatas. Oleh karena itu nilai AFR dapat mempengaruhi tingkat efisiensi gasifikasi PLTBM. AFR terbaik pada penelitian ini menunjukkan AFR pada nilai 0.702 dimana pada proses ini masuk dalam kategori efisiensi tertinggi sebesar 99,17%.

**Kata Kunci:** Air-Fuel Ratio, Biomassa, Tongkol Jagung, Efisiensi Gasifikasi,

### ABSTRACT

*Biomass power plant in Gorontalo commonly uses a gasification technology. The quality of electricity generated by a generator in this process is determined by the quality of the fuel. This study aims to determine the efficiency of power generated in the gasification of biomass power plant. The method used are direct measurements and mathematics analysis. The results showed that the mass of air of dry biomass increases with the increase of Air Fuel Ratio (AFR). The higher the value of AFR, the higher the supply of the mass flow rate of air into the gasification reactor. The Gasification efficiency increased as the variation of afr increased. The gasification process requires an adequate air supply. Therefore, the value of AFR affects the level of efficiency of the gasification of biomass power plant. The highest AFR was 0.702 which categorized as highest efficiency of 99.17%.*

**Keywords:** Air Fuel Ratio, Biomass, Concorb, GasifierEfficiency

---

#### Corresponding Author:

Muammar Zainuddin,  
Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik,  
Universitas Ichsan Gorontalo  
Email: muammarzainuddin@gmail.com

---

### Pendahuluan

Energi listrik merupakan suatu bentuk energi yang memiliki peran vital dalam aktivitas keseharian manusia. Faktor demografi yang tidak terkendali membawa banyak pengaruh dalam kehidupan, khususnya dalam bidang energi. Laju

pertumbuhan penduduk yang terus meningkat berbanding lurus dengan peningkatan kebutuhan kapasitas energi setiap tahun. Hal ini memunculkan masalah baru bagi pihak penyedia tenaga listrik yang dituntut untuk terus meningkatkan kontinuitas layanan suplai daya yang baik. Keadaan ini tidak didukung oleh ketersediaan cadangan energi di

Indonesia mengingat sebagian besar pembangkit listrik yang ada di Indonesia masih didominasi oleh pembangkit jenis konvensional berbahan bakar minyak. Keadaan ini sangat membutuhkan solusi terkait diversifikasi energi, salah satunya ialah mengembangkan energi terbarukan (*Renewable Energy*) yang ramah lingkungan, berkelanjutan (*sustainable*), ekonomis, dan secara teknis mudah untuk diimplementasikan. Hal ini sesuai dengan kebijakan pemerintah dalam Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 tahun 2006 tentang kebijakan energi nasional, dimana persentase penggunaan *renewable energy* perlu ditingkatkan[1].

Provinsi Gorontalo merupakan daerah pertama (*pilot project*) di Indonesia yang telah membangun Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBm) *on grid*. PLTBm ini berlokasi di daerah Kecamatan Pulubala Kabupaten Gorontalo Provinsi Gorontalo. Operasional PLTBm ini telah berlangsung sejak tahun 2014. PLTBm ini menggunakan bahan bakar dari tongkol/tongkang jagung. Provinsi Gorontalo merupakan salah satu sentra penghasil jagung terbesar di Indonesia. Oleh karena itu, potensi limbah tongkol jagung tersebut dimanfaatkan oleh PT. PLN (Pesero) Area Gorontalo bersama pemerintah daerah dalam memperkuat sistem kelistrikan di Provinsi Gorontalo. Selain itu Pemerintah Daerah Provinsi Gorontalo tengah menjalankan amanah undang-undang dalam upaya peningkatan rasio elektrifikasi di Indonesia. Daya listrik yang dihasilkan oleh PLTBm disalurkan ke jaringan (*on grid*) eksisting PLN 20 kV tanpa melalui gardu induk. Dalam sistem tenaga listrik model pembangkit seperti ini dikenal dengan istilah *Distributed Generations* (DG) atau Pembangkit Tersebar. Pembangkit tersebar yaitu pembangkit skala kecil yang berada pada sisi pelanggan berbasis *renewable energy*[2].

Kualitas Biomassa untuk pembangkit listrik dipengaruhi oleh dua faktor yaitu Faktor Internal berupa karbon tetap, zat yang mudah menguap, kadar abu dan kadar air Biomassa. Sedangkan faktor eksternal berupa faktor proses pembakaran pada tahapan gasifikasi dimana terdapat beberapa parameter yang dapat mempengaruhi efisiensi pembentukan gas sintetiknya[3]. Pada operasional PLTBm Gorontalo masih sering terkendala oleh kualitas produksi gas sintetiknya. Hal ini disebabkan oleh proses gasifikasi yang kurang efisien dalam pembentukan gas terbakar (*flammable gas*)[4]. Faktor yang mempengaruhi efisiensi tahapan gasifikasi biomassa yaitu (1) Karakteristik Biomassa, (2) Desain Gasifer, (3) *Gasifying Agent*, dan (4) Rasio massa udara dan massa bahan bakar biomassa (*Air Fuel Ratio*-AFR). Permasalahan faktor diatas maka tujuan penelitian ini yaitu menganalisis tingkat efisiensi gasifikasi pada

PLTBm 500 kW di Kabupaten Gorontalo. Pada faktor (1, 2, 3) diatas telah ditentukan sesuai kondisi PLTBm yaitu karakteristik biomassa tongkol jagung[5][6] dengan menggunakan *system downdraft*[7][8], maka batasan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu analisis efisiensi produksi gas dengan mempertimbangkan pada faktor rasio massa udara dan massa bakar[9]. Dari penelitian ini diharapkan dapat menyusun strategi operasional PLTBm agar kualitas gas terbakar dapat dimaksimalkan. Produksi gas terbakar yang baik akan mempengaruhi produksi daya listrik yang dihasilkan generator PLTBm[3].

## Landasan Teori

### Biomassa

Biomassa merupakan salah satu bentuk energi alternatif yang sangat cocok untuk dikembangkan di Indonesia. Hal ini terlihat dari melimpahnya sumber bahan bakar biomassa di Indonesia seperti sekam padi, limbah kayu industri, batok kelapa, tongkol jagung dan lain-lain, yang selama ini masih belum dimanfaatkan secara maksimal. Biomassa dapat diartikan sebagai material yang berasal dari tumbuhan maupun hewan termasuk manusia. Biomassa didefinisikan sebagai material organik nonfossil yang berasal dari tanaman, hewan dan mikro-organisme, baik itu produk, residu, maupun limbah pada proses pengolahannya. Biomassa dalam sudut pandang industri juga berarti material biologis yang bisa diubah menjadi sumber energi atau material industri. Sebagai energi terbarukan, biomassa secara berkelanjutan dapat terbentuk dari interaksi makhluk hidup dengan lingkungannya. Tumbuhan menghasilkan energi dengan melakukan fotosintesis yang memanfaatkan energi sinar matahari dan CO<sub>2</sub> dari udara. Sedangkan hewan memperoleh tumbuhan yang dimakannya atau memakan hewan lain. Energi yang terkandung dalam tanaman dan hewan ini dikenal dengan nama bio-energi.

### Proximate dan Ultimate Biomassa Tongkol Jagung

Untuk mengetahui karakteristik, sifat fisis, sifat kimia suatu biomassa dapat dilakukan dengan analisis proximate dan ultimate. Hasil analisis proximate dan ultimate biomassa tongkol jagung ditunjukkan pada Tabel 1 dibawah ini;

Tabel 1. Data Analisis Proximate dan Ultimate pada Tongkol Jagung[5][6][10]

Tongkol Jagung	
<b>Analisis Proximate (%w dry basis)</b>	
Komponen volatil	80.10
Karbon tetap	18.54
Abu	1.36
<b>Analisis Ultimate (%w dry basis)</b>	
Karbon (C)	46.58
Hidrogen (H)	5.87
Nitrogen (N)	0.47
Oksigen (O)	45.46

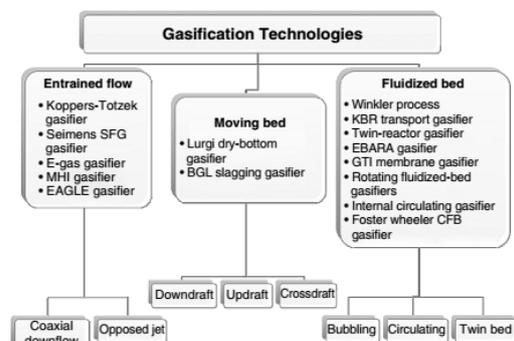
Tongkol Jagung	
Sulfur (S)	0.01
Khalori (CI)	0.21
Residu	1.40

Analisis *proximate* bertujuan untuk mengetahui komponen volatil, karbon tetap, dan abu suatu biomassa. Sedangkan analisis *ultimate* bertujuan untuk mengetahui komposisi kimia dan HHV (*Higher Heating Value*) dari suatu biomassa. Karena biomassa memiliki sifat yang bervariasi, maka analisis biasanya dilakukan pada basis kering[11]

### Gasifikasi

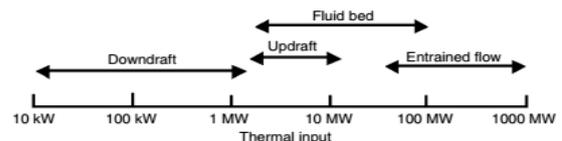
Gasifikasi adalah suatu proses perubahan bahan bakar padat secara termokimia menjadi gas, dimana udara yang diperlukan lebih rendah dari udara yang digunakan untuk proses pembakaran murni (*combustion*). Selama proses gasifikasi reaksi utama yang terjadi adalah endotermis (diperlukan panas dari luar selama proses berlangsung). Produk yang dihasilkan dapat dikategorikan menjadi tiga bagian utama, yaitu padatan, cairan (termasuk gas yang dapat di kondensasikan) dan gas permanen. Media yang paling umum digunakan dalam proses gasifikasi (*gasifying agent*) adalah udara dan uap. Gas yang dihasilkan dari gasifikasi dengan menggunakan udara mempunyai nilai kalor yang lebih rendah tetapi disisi lain proses operasi menjadi lebih sederhana[12]

Gasifikasi adalah proses konversi energi dari bahan bakar yang mengandung karbon (padat ataupun cair) menjadi gas yang disebut syngas (*synthetic gas*) atau gas sintetis dengan cara oksidasi parsial pada temperatur tinggi. Proses gasifikasi dilakukan dalam suatu reaktor yang dikenal dengan gasifier. Jenis gasifier yang ada saat ini dapat dikelompokkan berdasarkan mode fluidisasi, arah aliran dan jenis media yang diperlukan untuk proses gasifikasi (*gasifying agent*)[12]. Tipe gasifikasi berdasarkan arah aliran dibedakan menjadi tiga tipe yaitu *downdraft*, *updraft*, dan *crossdraft*[13]. PLTBm di Kabupaten Gorontalo menggunakan tipe *downdraft*.



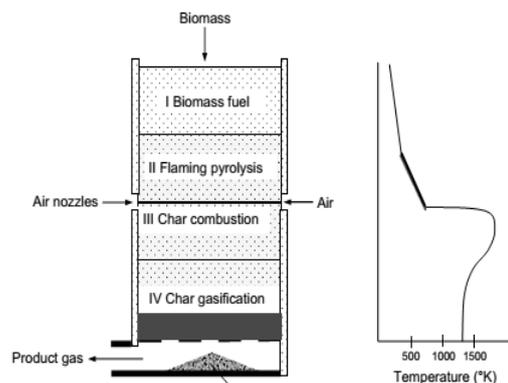
Gambar 1. Teknologi Gasifikasi berdasarkan arah aliran fluida[13]

Berdasarkan arah aliran, *fixed bed gasifier* dapat dibedakan menjadi: reaktor aliran searah (*downdraft gasifier*), reaktor aliran berlawanan (*updraft gasifier*) dan reaktor aliran menyilang (*crossdraft gasifier*). Pada *downdraft gasifier*, arah aliran gas dan arah aliran padatan adalah sama-sama ke bawah. Pada *updraft gasifier*, arah aliran padatan ke bawah sedangkan arah aliran gas mengalir ke atas. Sedangkan gasifikasi *crossdraft* arah aliran gas dijaga mengalir mendatar dengan aliran padatan ke bawah.



Gambar 2. Interval kemampuan PLTBm berdasarkan tipe gasifier[13]

Pada proses gasifikasi ada beberapa tahapan berdasarkan perbedaan rentang kondisi temperatur, yaitu pengeringan (200-300°C), pirolisis (300-700 °C), oksidasi (700-1500°C), dan reduksi (400-1000 °C) yang dilalui oleh biomassa sebelum pada akhirnya menjadi gas yang *flammable* pada *output* reaktor. Proses pengeringan, pirolisis, dan reduksi bersifat menyerap panas (*endotermik*), sedangkan proses oksidasi bersifat melepas panas (*eksotermik*). Panas yang dihasilkan dalam proses oksidasi digunakan dalam proses pengeringan, pirolisis dan reduksi. Zona-zona proses dan reaksi yang terjadi pada suatu reaktor gasifikasi *downdraft* ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar 3. Skema Tahapan Proses dan Reaksi Gasifikasi pada Downdraft[13]

### Faktor yang Mempengaruhi Proses Gasifikasi

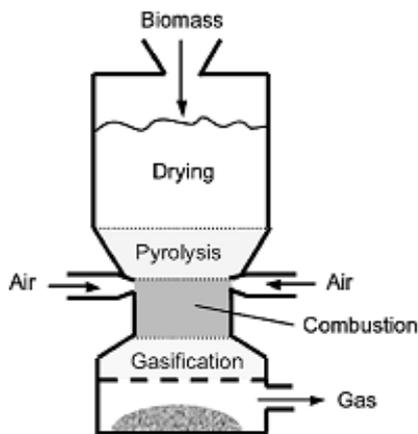
Proses gasifikasi memiliki beberapa faktor yang dapat mempengaruhi proses dan kandungan syngas yang dihasilkannya. Faktor-faktor tersebut berkaitan dengan karakteristik biomassa, media gasifikasi (*gasifying agent*), desain gasifier, dan Rasio massa udara dan massa bahan bakar biomassa (*air-fuel ratio*; AFR).

#### 1) Karakteristik Biomassa, meliputi:

- Kandungan energi, semakin tinggi kandungan energi yang dimiliki biomassa maka potensi energi yang dapat dikonversi juga semakin besar.
- Kadar air (*moisture content*), kandungan air yang tinggi menyebabkan *heat loss* (*q loss*) yang berlebihan dan beban pendinginan gas semakin tinggi.
- Tar, merupakan salah satu zat yang sifatnya korosif dan menurunkan kualitas gas sebagai bahan bakar motor.
- Ash/Slag, Ash (Abu) merupakan kandungan mineral yang terdapat pada bahan baku yang tetap berupa oksida setelah proses pembakaran. Sedangkan slag adalah kumpulan ash yang lebih tebal. Adanya ash dan slag pada gasifier menyebabkan penyumbatan pada gasifier.

### 2) Desain gasifier

Gasifier yang digunakan pada PLTBm yaitu tipe *Downdraft*. Pada gambar 3 gasifier tipe *downdraft* terdapat dua ruangan yaitu bagian dalam dan bagian luar. Lubang masuk *gasifying agent* berada dibagian tengah gasifier yang selanjutnya menuju ke bagian dalam gasifier. Karena bagian atas gasifier tertutup maka *gasifying agent* turun melewati biomassa dan keluar ke ruang bagian luar gasifier sudah berupa gas bakar. Bagian luar gasifier terdapat lubang saluran keluar gas bakar yang biasanya berada di atas gasifier.



Gambar 4. Skema tahapan gasifikasi pada gasifier tipe *downdraft*

### 3) Gasifying agent

Penggunaan jenis *gasifying agent* mempengaruhi kandungan gas yang dimiliki oleh *syngas*. Misalnya, penggunaan udara bebas menghasilkan senyawa nitrogen yang pekat di dalam *syngas*, berlawanan dengan penggunaan oksigen/uap yang memiliki kandungan nitrogen yang relatif sedikit. Sehingga penggunaan *gasifying agent* oksigen/uap memiliki nilai kalor *syngas* yang lebih baik dibandingkan *gasifying agent* udara.

### 4) Perbandingan udara-bahan bakar (AFR)

Kebutuhan udara pada proses gasifikasi berada di antara batas konversi energi pirolisis dan pembakaran. Karena itu dibutuhkan rasio yang tepat jika menginginkan hasil *syngas* yang maksimal[4][14]

$$AFR = \frac{m_{udara}}{m_{bahanbakar}} \quad (1)$$

### Massa dan Energi pada Gasifier

Berdasarkan hukum konservasi massa dan energi, seluruh massa yang memasuki suatu volume memiliki besaran yang sama dengan massa yang keluar. Secara teori seluruh energi yang dimiliki biomassa dapat dikonversikan menjadi *syngas*. Namun karena beberapa hal yang tidak dapat diabaikan, konversi energi yang terjadi tidak hanya menghasilkan *syngas* tapi juga arang (*char*) dan abu (*ash*)[12].

Massa di reaktor:

$$\sum m_{in} = \sum m_{out} \quad (2)$$

$$m_{biomassa} + m_{udara} = m_{char} + m_{ash} + m_{syngas}$$

Energi di reaktor:

$$\sum E_{in} = \sum E_{out} \quad (3)$$

$$E_{biomassa} + E_{udara} = E_{char} + E_{ash} + E_{syngas} + q_{loss}$$

$$E_{biomassa} = m_{biomassa} \times LHV_{biomassa}$$

$$E_{udara} = m_{udara} \times Cp_{udara} \times \Delta T_{udara}$$

E = Energi (biomassa, udara, *syngas*, *char*, *ash*), kJ/Nm<sup>3</sup>

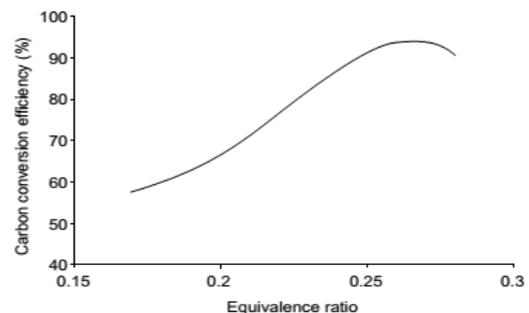
LHV = Lower Heting Value, kJ/Nm<sup>3</sup>

q<sub>loss</sub> = Heat Loss reaktor, kJ/Nm<sup>3</sup>

Efisiensi Gasifikasi Biomassa merupakan hasil bagi antara energi *syngas* dengan jumlah energi biomassa dan energi udara.

$$\eta_{gasifikasi} = \frac{E_{syngas}}{E_{Biomassa} + E_{udara}} \quad (4)$$

dimana; E adalah energi (biomassa, udara, *syngas*, *char* dan *ash*) KJ/Nm<sup>3</sup>. dimana; E adalah energi (biomassa, udara, *syngas*, *char* dan *ash*) KJ/Nm<sup>3</sup>.



Gambar 5. Grafik efisiensi gasifikasi terhadap rasio massa udara dan massa bahan bakar pada gasifier biomassa[13]

### Metodologi Penelitian

Objek penelitian ini yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBm) yang telah beroperasi sejak tahun 2014. PLTBm berlokasi di Desa Helemuhemu Kecamatan Pulubala Kabupaten Gorontalo, Provinsi Gorontalo.



Gambar 6. PLTBm di Kabupaten Gorontalo, Provinsi Gorontalo



Gambar 7. Biomassa Tongkol Jagung Sebelum dicacah

### Tahapan Analisis Efisiensi Gasifikasi PLTBm

- 1) Tahapan pertama dimulai dengan pengumpulan data awal berupa; Data teknis peralatan PLTBm.
- 2) Tahapan kedua yaitu proses *on gasifikasi*, pada tahapan ini data yang diambil yaitu temperatur pada termocouple, data kalori gas, laju tekanan udara, dan kalori biomassa yang digunakan. Pada tahap ini dilakukan analisis distribusi tahapan gasifikasi berdasarkan distribusi temperatur pada termocouple.
- 3) Pada tahapan selanjutnya yaitu pengaturan variasi AFR, untuk menentukan nilai AFR pada biomassa tongkol jagung, dapat di ketahui dengan menggunakan persamaan (1)
- 4) Perhitungan nilai kalor Biomassa ditinjau dari LHV dan HHV Syngas. Analisis nilai kalor ditinjau dari LHV synthetic gas, dapat diketahui dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$LHV_{gas} = \sum_{i=1}^n Y_i LHV_i \quad (5)$$

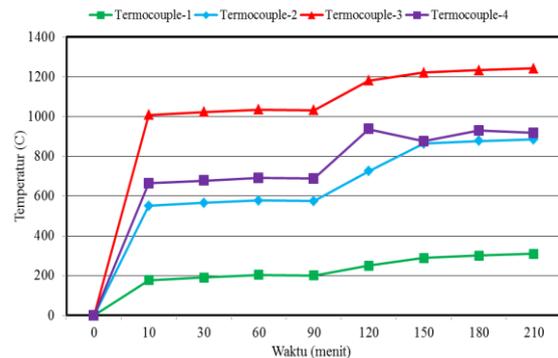
- 5) Menghitung parameter gasifikasi massa di reaktor (Pers. 2) dan energy di reaktor (Pers. 3).
- 6) Analisis efisiensi gasifikasi (Pers.4) berdasarkan variasi AFR.
- 7) Pembuatan Grafik hasil perhitungan dari masing-masing analisa.

### Hasil dan Pembahasan

#### Analisis Distribusi Tahapan Gasifikasi

Analisis distribusi tahapan gasifikasi berdasarkan distribusi temperatur pada termocouple dengan variasi t(waktu). Pada gambar 8 menunjukkan bahwa pada proses gasifikasi ada beberapa tahapan berdasarkan perbedaan rentang kondisi temperatur, yaitu pengeringan (100-300°C), pirolisis (300-900°C), oksidasi (900-1500 °C), dan reduksi (400-900°C) yang dilalui oleh biomassa sebelum pada akhirnya menjadi gas yang mudah terbakar pada *output* reaktor. Proses pengeringan, pirolisis, dan reduksi bersifat menyerap panas (*endotermik*), sedangkan proses oksidasi bersifat melepas panas (*eksotermik*). Panas yang dihasilkan dalam proses oksidasi digunakan dalam proses pengeringan, pirolisis dan reduksi. Berikut ditampilkan data hasil pengukuran pada Termocouple Reaktor Biomassa.

Ikutilah aturan pembaban pada jurnal ini, yaitu 1. Pendahuluan, 2. Metode Penelitian, 3. Hasil dan Pembahasan, 4. Kesimpulan.



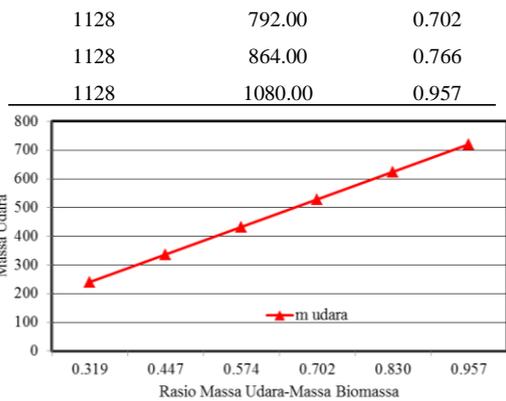
Gambar 8. Distribusi Temperatur Pada masing-masing Termocouple terhadap perubahan waktu

#### Analisis Rasio Massa Udara ( $m_{udara}$ ) terhadap Massa Biomassa ( $m_{biomassa}$ ) (*Air Fuel Ratio-AFR*)

Diketahui volume massa udara tiap  $m^3$  yaitu sebesar  $1.2 \text{ Kg}/m^3$  dan massa jenis tongkol jagung yaitu sebesar  $188 \text{ Kg}/m^3$ [15]. Jumlah bahan bakar setiap pembakaran sebesar  $4m^3$  sehingga diperoleh massa bahan bakar sebesar  $752\text{Kg}/m^3$ . Sedangkan massa jenis udara (*density*) dengan bahan bakar yang digunakan diperoleh hasil sebesar  $4.8 \text{ Kg}/m^3$ . Data dasar tersebut maka dihitung rasio udara bahan bakar.

Tabel 2. Rasio massa Udara Terhadap massa biomassa (Air Fuel Ratio)

$m_{biomassa}$ Kg/ $m^3$	$m_{udara}$ Kg/ $m^3$	AFR
1128	360.00	0.319
1128	504.00	0.447
1128	648.00	0.574

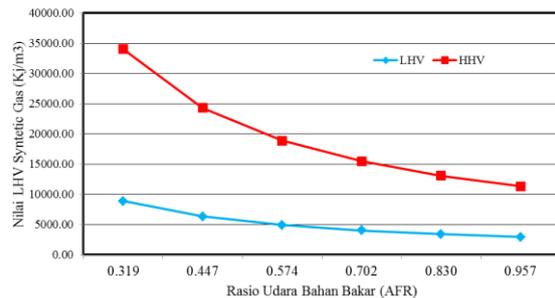


Gambar 9. Rasio Massa Udara-Massa Biomassa

Dari *trendline* gambar diatas menunjukkan prosentase massa udara dalam kondisi biomassa kering semakin meningkat seiring naiknya rasio antara massa udara dan massa bahan bakar.

### Analisis Nilai Kalor Ditinjau Dari LHV dan HHV Synthethic Gas

Dari data awal nilai kalor gas sintetis yang terendah (LHV syngas) pada Biomassa tongkol jagung yaitu sebesar 2826.23 KJ/Nm<sup>3</sup> dan nilai kalor gas sintetis yang tertinggi (HHV syngas) yaitu sebesar 10851 KJ/Nm<sup>3</sup>[16]



Gambar 10. Nilai Kalor Biomassa ditinjau dari LHV dan HHV terhadap variasi AFR

### Analisis efisiensi gasifikasi berdasarkan variasi AFR.

Pengukuran parameter massa di reaktor dan energy di reaktor gasifier ditampilkan pada Tabel 3

Tabel 3. Energi Biomassa Pada Reaktor Gasifier Terhadap Variasi AFR

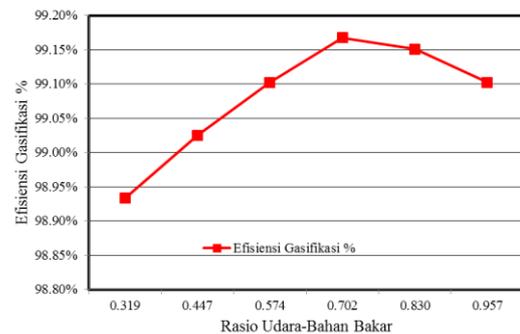
AFR	E biomassa (KJ/Nm <sup>3</sup> )
0.319	6660058.42
0.447	4757184.59
0.574	3700032.46
0.702	3027299.28
0.830	2561560.93
0.957	2220019.47

Tabel 4. Efisiensi Gasifikasi

AFR	E char	E ash KJ/Nm <sup>3</sup>	q loss KJ/Nm	E syngas KJ/Nm <sup>3</sup>	$\eta_{gasifikasi}$
-----	--------	--------------------------	--------------	-----------------------------	---------------------

0.319	0	93240.82	552	8700318.3	98.93%
0.447	0	66600.58	566	6824070.7	99.03%
0.574	0	51800.45	579	5781705.7	99.10%
0.702	0	42382.19	576	5118393.8	99.17%
0.830	0	35861.85	725	4655751.8	99.15%
0.957	0	31080.27	864	4314991.9	99.10%

Dari grafik terlihat efisiensi gasifikasi terhadap variasi AFR menunjukkan peningkatan seiring naiknya Variasi AFR, namun proses gasifikasi dengan AFR yang tinggi  $\geq 1$  akan menyebabkan proses pembakaran murni dimana pada proses ini tidak akan menghasilkan gas sintetis. Pada grafik diatas menunjukkan proses gasifikasi membutuhkan suplai udara yang cukup dalam jumlah yang terbatas. Oleh karena itu nilai AFR sangat mempengaruhi tingkat efisiensi gasifikasi PLTBm. AFR terbaik pada penelitian ini menunjukkan AFR pada nilai 0.702 dimana pada proses ini masuk dalam kategori efisiensi tertinggi sebesar 99,17%.



Gambar 11. Prosentase Efisiensi Gasifikasi Terhadap Variasi AFR

### Kesimpulan

Kualitas daya listrik yang dihasilkan generator PLTBm tongkol jagung ditentukan oleh kualitas bahan bakar. Bahan bakar yang dihasilkan oleh PLTBm untuk menggerakkan generator diperoleh dari hasil proses gasifikasi pembakaran biomassa. Salah satu faktor yang berpengaruh besar terhadap kualitas bahan bakar (gas sintetis) hasil produksi Pembangkit Listrik Biomassa yaitu sifat gas yang *flammable* (gas mudah terbakar). Besarnya produksi gas sintetis ditentukan oleh rasio perbandingan antara massa udara terhadap massa bahan bakar. Kandungan energi biomassa dilihat dari LHV (*Lower Heating Value*) dan HHV (*Higher High Value*) *synthetic gas* yang mengalami penurunan seiring dengan peningkatan rasio udara-bahan bakar (*Air Fuel Ratio; AFR*) dikarenakan konsentrasi kandungan gas terbakar juga ikut menurun seiring pertambahan AFR. Nilai AFR menentukan tingginya nilai efisiensi gasifikasi yang

dihasilkan. Proses gasifikasi membutuhkan suplai udara yang tepat namun tidak berlebihan agar tidak terjadi pembakaran murni (*Full Combustion*). Nilai AFR yang tepat dalam menghasilkan efisiensi gasifikasi maksimal sebesar 99.17% pada penelitian ini yaitu bernilai 0.702.

### Daftar Pustaka

- [1] Perpres Nomor 5, “Kebijakan Energi Nasional.” Sekretariat Negara RI, 2006.
- [2] T. Ackermann, G. Andersson, and L. Söder, “Distributed generation: a definition,” *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 57, no. 3, pp. 195–204, Apr. 2001.
- [3] A. H. M. Kamal, M. Rahman, M. Haque, S. Sadiq, and A. Hoque, “Biomass Quality Analysis for Power Generation,” in *8th International Conference on Electrical and Computer Engineering*, 2014, pp. 711–713.
- [4] Sholehul Hadi dan Sudjud Dasopuspito, “Pengaruh Variasi Perbandingan Udara-Bahan Reaktor Downdraft Dengan Suplai Biomass Serabut Kelapa Secara Kontinyu,” *J. Tek. Pomits*, vol. 2, no. 3, pp. 3–6, 2013.
- [5] Jau-Jang Lu and Wei-Hsin Chen, “Product Yields and Characteristics of Corncob Waste under Various Torrefaction Atmospheres,” *Energies*, vol. 7, pp. 13–27, 2014.
- [6] N. K. M. K. Sivakumar, “Performance analysis of downdraft gasifier for agriwaste biomass materials,” *Indian J. Sci. Technol.*, vol. 3, no. 1, pp. 58–60, 2010.
- [7] Dzyiad Dzulfansyah, “Simulasi numerik untuk memprediksi kinerja reaktor gasifikasi sabut kelapa tipe,” Institut Pertanian Bogor, 2013.
- [8] Sumarudin, “Pengaruh Variasi Desain Distributor Udara Terhadap Kinerja Tungku Gasifikasi Tipe Downdraft,” Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2016.
- [9] L. N. S. Darsopuspito, “Karakterisasi Proses Gasifikasi Biomassa Tempurung Kelapa Sistem Downdraft Kontinyu dengan Variasi Perbandingan Udara-Bahan Bakar (AFR) dan Ukuran Biomassa,” *J. Tek. ITS*, vol. 1, no. 1, pp. 12–15, 2012.
- [10] Eugene S Domalski and Thomas L Jobe, *Thermodynamic Data for Biomass Conversion and Waste Incineration*. Colorado: Solar Energy Research Institute, 1986.
- [11] TB Reed and A Das, *Handbook of Biomass Downdraft Gasifier Engine Systems*, no. March. Colorado: Solar Energy Research Institute, 1988.
- [12] Ade Hidayat, “Karakterisasi Proses Gasifikasi Biomassa pada Reaktor Downdraft Sistem Batch dengan Variasi Air –Fuel Ratio (AFR) dan Ukuran Biomassa,” Universitas Gadjah Mada, 2013.
- [13] Prabir Basu, *Biomass Gasification and Pyrolysis Practical Design*. Oxford: Academic Press Elsevier, 2010.
- [14] A. Khoiriyah, “Karakteristik Api Syngas Pada Gasifikasi Sistem Downdraft Dengan Oksigen Sebagai Gasifying Agent Berbahan Baku Biomassa,” Universitas Jember, 2015.
- [15] K. Raveendran, A. Ganesh, and K. C. Khilart, “Influence of mineral matter on biomass pyrolysis characteristics,” *Fuel*, vol. 74, no. 12, pp. 1812–1822, 1995.
- [16] G. A. Putri, “Pengaruh Variasi Temperatur Gasifying Agent II Media Gasifikasi Terhadap Warna Reaktor Downdraft dengan Bahan Baku Tingkol Jagung,” Institut Teknologi Sepuluh November, 2009.