

ANALISIS PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BIOMASSA BERBASIS TONGKOL JAGUNG

Analysis of Power Plant Biomass Based Corn Cobs

Amelya Indah Pratiwi¹; Muhammad Asri²

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Ichsan Gorontalo, Indonesia

E-mail: amelyaindahpratiwi@gmail.com¹; amelyaindahpratiwi@gmail.com²

ABSTRAK

Melalui penelitian ini akan dianalisis besarnya massa syngas yang dihasilkan dari jumlah tongkol jagung di Provinsi Gorontalo. serta perancangan dimensi dari reaktor gasifikasi. Teknologi yang digunakan untuk mengkonversi tongkol jagung menjadi energi listrik adalah gasifikasi dengan menghitung massa sintetik gas dan daya yang dihasilkan dari proses gasifikasi tongkol jagung. Kajian aspek teknis juga meliputi penentuan jenis reaktor yang digunakan, dimensi dan kapasitas dari reaktor, blower, ducting dan destilator untuk kapasitas pembangkit listrik biomassa 500 kW.

Jumlah massa syngas yang dihasilkan pada tahun 2017 dengan mengkonversi biomassa tongkol jagung di Provinsi Gorontalo sebesar 412.832 ton adalah 297.537 ton syngas. Daya yang dapat dihasilkan dengan jumlah Massa syngas tersebut idealnya adalah 233.610,40 MW. Pada perancangan reaktor dengan kapasitas tongkol jagung 1,5 kg per 30 menit dipilih reaktor tipe up draft, dengan tinggi reactor 77 cm, diameter 188 cm, volume 2.136.368,08 cm³. kapasitas blower 5,54 cfm per jam, luas penampang ducting 505 mm² dan luas penampang destilator 1054,44 mm².

Kata kunci: Tongkol Jagung; Massa Syngas; Dimensi Reaktor

ABSTRACT

In this study will be analyzed eligibility the mass of syngas produced from the number of corn cobs in Gorontalo Province Technology used to convert corncobs into electrical energy is gasification by counting mass synthetic gas and the energy resulting from the process of gasification corncobs also the design of the dimensions of gasification reactors. Study the technical aspects also includes the termination of the reactor used, the dimensions, and capacity of reactor, blower, ducting and destilator for electrical power 500 kW. The economic studies in order to determine the feasibility of investing in the PLTBM project are analyzed by calculating the total cost of electricity generation with the assumption of project life of 25 years, and calculating net present value (NPV) and IRR.

The amount of syngas mass produced in 2017 by converting 412,832 tons of corn cobs in Gorontalo Province amounted to 297,537 tons of syngas. The power that can be generated by the amount of Syngas Mass is ideally 233,610.40 MW. In the design of reactor with corn cob capacity of 1.5 kg per 30 minutes selected reactor type up draft, with 77 cm height reactor, 188 cm in diameter, volume 2,136,368,08 cm³. blower capacity 5.54 cfm per hour, 505 mm² ducting cross section and 1054.44 mm² distillator cross-section area..

Keywords: corncobs; he mass of syngas; the dimensions of gasification reactors

PENDAHULUAN

Tingkat ketergantungan terhadap penggunaan bahan bakar fosil di Indonesia masih sangat tinggi. Sementara cadangan energi fosil baik batu bara maupun minyak bumi setiap tahunnya menurun. Produksi minyak bumi domestik yang dilaporkan pada tahun 2013 hanya 58% dari produksi tahun 2000, sedangkan diperiode yang sama impor minyak bumi sebesar 50 % (Kuvarakul T, dkk, 2015). Pembakaran batu bara untuk

menghasilkan listrik juga menyebarkan sejumlah besar gas rumah kaca ke atmosfer. Penggunaan bahan bakar fosil bukanlah solusi jangka panjang dikarenakan peningkatan kebutuhan energi listrik yang berbanding terbalik dengan sumber energi konvensional juga isu lingkungan.

Pengembangan kapasitas pembangkit ditujukan untuk memenuhi pertumbuhan beban dan kekurangan pasokan tenaga listrik dengan mengutamakan pemanfaatan sumber

energi setempat terutama energi terbarukan. Pengembangan kapasitas pembangkit dilaksanakan sesuai kebijakan pemerintah dalam pengembangan energi baru terbarukan serta program 35.000 MW.

Salah satu energi terbarukan yang dapat dikembangkan di Indonesia adalah energi biomassa. Sektor agraris umumnya menghasilkan limbah pertanian yang kurang termanfaatkan. Limbah pertanian yang merupakan biomass tersebut merupakan sumber energi *alternative* yang melimpah, dengan kandungan energi yang relatif besar. Limbah pertanian tersebut apabila diolah akan menjadi suatu bahan bakar padat buatan yang lebih luas penggunaannya sebagai bahan bakar alternatif. Di samping itu sumber energi biomassa mempunyai keuntungan pemanfaatan antara lain: dapat dimanfaatkan secara lestari karena sifatnya yang renewable resources, tidak mengandung unsur sulfur yang menyebabkan polusi udara pada penggunaan bahan bakar fosil, dan meningkatkan efisiensi pemanfaatan limbah pertanian (Saputro D, 2009).

Penambahan pembangkit masih perlu dilakukan karna sejauh ini Provinsi Gorontalo masih mengalami devisa energi listrik. Daya mampu pembangkit di Gorontalo sebesar 65 MW dengan beban puncak tertinggi sebesar 81,9 MW. Kekurangan tersebut tertutupi oleh pasokan listrik dari Sulawesi Utara, hanya saja selama ini masih sering terjadi pemadaman dikarenakan gangguan pembangkit dari Sulawesi Utara. Kebutuhan daya listrik Provinsi Gorontalo akan terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk, peningkatan perekonomian setempat, serta target peningkatan rasio jumlah rumah tangga berlistrik PLN di Provinsi Gorontalo.

Guna memenuhi pertumbuhan kebutuhan tenaga listrik di Gorontalo sampai dengan tahun 2025, direncanakan akan dibangun beberapa proyek pembangkit dengan memperhatikan potensi energi primer setempat. Selain rencana Pembangkit Listrik Tenaga Air, juga akan dikembangkan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) tersebar dan Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa tersebar (RUPTL PT.PLN (Persero), 2016).

Pada tahun 2014 telah diresmikan Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBm) 500 kW berbasis Tongkol Jagung di Kecamatan Pulubala Kabupaten Gorontalo oleh Menteri BUMN Dahlan Iskan. Pembangunan Pembangkit ini adalah wujud

nyata dari PT.PLN (Persero) menggunakan kearifan lokal sebagai sumber energi pembangkitan. Namun dua tahun pengoperasian pembangkit listrik tenaga biomassa (PLTBM) di Pulubala yakni 2014 – 2016, ternyata ada banyak kendala pengeporasian. Jumlah output daya yang dihasilkan jauh dibawah kapasitas terpasang. Bahkan pada tahun 2017, PLTBM Pulubala sama sekali sudah tidak dioperasikan lagi. Oleh karenanya dipandang perlu suatu kajian terhadap teknologi yang digunakan guna mengetahui kelayakan pembangunan pembangkit listrik tenaga biomassa di Provinsi Gorontalo.

Energi Biomassa. Biomassa adalah bahan organik yang berasal dari tumbuhan, hewan yang terbentuk baik dari hasil produksinya, sisa metabolisme maupun limbah yang dihasilkan. Energi Biomassa dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif pengganti bahan bakar fosil. Energi ini tidak akan habis selama kehidupan di muka bumi masih ada.

Tabel 1 Komposisi Dari Limbah Biomassa Pertanian Dan Perkebunan

Limbah Biomassa	Kalor Jenis
Padi	
1. Sekam	3052,9 ton Kal/ ton
2. Jerami	2914,5 ton kal/ton
3. Merang	3205,4 ton kal/ton
Jagung	
1. Bonggol	3523,9 ton kal/ton
2. Batang-daun	3674,6 ton kal/ton
3. kelobot	3620,6 ton kal/ton
Singkong	
1. batang	3894,5 ton kal/ton
Kelapa sawit	
1. serabut	11,40 ton kal/ton
2. tempurung	15,21 ton kal/ton
3. tandan	3700 (k kal/kg)
Kelapa	
1. serabut	4004,8 kkal
2. tempurung	4128,9 kkal
Hasil hutan	
1. kayu	3992,6 ton kal/ton

Sumber : (Lembaga Penelitian hasil hutan, 1978)

Energi kalor yang dapat dikonversi menjadi energi listrik dengan nilai konversi sebagai berikut :

Tabel 2. Konversi Energi listrik dalam joule dan kalori

KWH	Joule	Kkal
1	$3,6 \times 10^6$	$8,6 \times 10^2$

(Sumber : Siswanto Saleh, 2010)

Teknologi Pembangkitan Listrik Tenaga Biomassa. Teknologi yang dapat digunakan untuk menghasilkan energi listrik dari biomassa menurut (Siswanto S, 2010) yakni:

1. **Pembakaran langsung.** Pembakaran langsung melibatkan pembakaran biomassa dengan udara yang berlebih, menghasilkan gas asap panas yang digunakan untuk menghasilkan uap di dalam bagian pertukaran panas dari boiler. Uap digunakan untuk menghasilkan listrik dalam generator turbin uap.
2. **Pembakaran Bersama.** Pembakaran bersama mengarah pada penggunaan biomassa dalam boiler pembakar batu bara efisiensi tinggi sebagai sumber energi tambahan. Pembakaran bersama sudah dievaluasi untuk berbagai teknologi boiler, termasuk batubara bubuk, *cyclone*, *fluidized bed*, dan *spreader stokers*.
3. **Gasifikasi.** Gasifikasi merupakan proses yang menggunakan panas untuk merubah biomassa padat atau padatan berkarbon lainnya menjadi gas sintetik. Yang mudah terbakar. Melalui proses gasifikasi, kita bisa merubah hampir semua bahan organik padat menjadi gas bakar yang bersih dan netral. Gas yang dihasilkan dapat digunakan untuk pembangkit listrik maupun pemanas

Pada proses gasifikasi, terjadi pembakaran tidak sempurna pada suhu relatif tinggi, yaitu sekitar 900-1200 C. Proses gasifikasi menghasilkan produk tunggal berupa gas dengan nilai kalor 4000-5000 kJ/Nm³. Konversi energi dengan cara gasifikasi efisiensi panasnya mencapai 50-70%.

Gasifikasi. Gasifikasi merupakan salah satu teknologi proses konversi bahan padat menjadi gas yang mudah terbakar. Ada 4 tahapan dalam proses gasifikasi yakni proses pengeringan, pirolisis, oksidasi dan reduksi (Haluti Sirajuddin, 2014).

1. Proses pertama pengeringan (drying process) merupakan proses awal. Pada proses ini, bahan yang dalam hal ini adalah tongkol jagung menjadi berkurang kadar airnya dengan pemberian temperature 200 C. Semakin tinggi temperatur yang diberikan maka kadar air akan semakin cepat hilang.
2. Proses kedua adalah pirolisis. Pada proses ini, bahan yang telah kering dibakar tanpa melibatkan oksigen. Produk yang dihasilkan berupa karbon

(arang), tar, gas ringan (H₂, CO, CO₂, H₂O, CH₄).

3. Proses ketiga merupakan proses Oksidasi. Pada proses ini, baik arang maupun gas hydrogen sebanyak 20% mengalami pembakaran dengan oksigen sehingga menghasilkan panas. Proses terakhir merupakan proses reduksi. Pada proses ini sebanyak 80% arang mengalami reduksi menjadi gas hasil produser (syngas) dan juga menghasilkan abu. Gas yang dihasilkan dari gasifikasi dengan menggunakan udara mempunyai nilai kalor yang lebih rendah tetapi di sisi lain, proses operasi menjadi lebih sederhana. Pada alat reactor terdapat gas *burner* yang merupakan tempat pengeluaran gas hasil proses gasifikasi. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Gita (2009), diperoleh nilai kalor dan kandungan penyusun gas sintesis (syngas) sebagai berikut :

Tabel 3. Kandungan dan nilai kalor biomassa tongkol jagung

Kandungan Biomassa	Nilai kandungan Biomassa
H ₂	13,1 %
O ₂	8,61 %
N ₂	56,16 %
CO ₂	9,67 %
CO	10,87 %
CH ₄	1,48 %
C ₂ H ₆	0,015 %
HHV	6066,53 kJ/kg
LHV	2826,53 kJ/kg
Efisiensi gasifikasi	33,58 %

Nilai-nilai tersebut kemudian digunakan dalam menentukan besarnya syngas, nilai kalor dan daya yang dihasilkan dari proses gasifikasi tongkol jagung dengan asumsi bahwa kondisi topografi, iklim dan struktur tanah yang tidak jauh berbeda dengan wilayah Jawa Timur dan Gorontalo maka nilai kalori arang tongkol jagung di Jawa Timur sama dengan nilai kalori arang tongkol jagung di Gorontalo. Berdasarkan hal tersebut, dapat dihitung gas yang dihasilkan limbah tongkol jagung dan nilai kalori tongkol jagung hasil produksi di Provinsi Gorontalo sebagai berikut (Haluti Sirajuddin, 2014).

$$m_{\text{syngas}} = \frac{(Q_{\text{gasifikasi}} \times m_{\text{biomassa}} \times HHV_{\text{biomassa}})}{(100\% \times LHV_{\text{syngas}})} \dots (1)$$

Reaktor Gasifikasi. Beberapa kriteria perlu diperhatikan dalam melakukan perancangan reaktor gasifikasi biomassa. Dengan memperhatikan kriteria-kriteria tersebut

maka perancang akan memperoleh hasil rancangan reaktor sesuai dengan yang diinginkan, serta prestasi reaktor yang baik pula. Kriteria-kriteria tersebut adalah (Yulian M, 2011) :

Tipe reaktor gasifikasi, luas penampang lintang reaktor, tinggi reaktor, jumlah aliran udara dan tekanan yang dihasilkan oleh fan, jenis *burner* yang digunakan, insulasi yang digunakan pada reaktor.

Menentukan Dimensi Reaktor. Untuk menentukan dimensi reaktor perlu menentukan beberapa parameter yakni (Panwar, 2008)

- 1. Penentuan Laju Konsumsi Bahan Bakar.** Laju konsumsi bahan bakar didefinisikan sebagai jumlah konsumsi bahan bakar (bonggol jagung) per satuan waktu pembakaran bahan bakar yang menghasilkan gas. Untuk menghitung laju pemakaian bahan bakar dapat dihitung dengan persamaan :

$$FCR = \frac{m_{\text{bahan bakar}}}{t_{\text{gasifikasi}}} \text{ (kg/jam) } \dots\dots (2)$$

- 2. Penentuan Gasifikasi Spesifik (SGR).** Nilai gasifikasi spesifik (SGR) untuk Tongkol Jagung dapat diperoleh dengan persamaan 1 di atas.

- 3. Menghitung Diameter Reaktor dengan persamaan 3 di awah.**

$$D = \sqrt{\frac{1,27 FCR}{SGR}} \dots\dots (3)$$

- 4. Menghitung Tinggi Reaktor.** Tinggi reaktor dihitung dengan menggunakan persamaan (4) yaitu :

$$h = \frac{t \times SGR}{\rho} \dots\dots(4)$$

Menentukan Kapasitas Blower. Kapasitas blower ditentukan berdasarkan laju aliran udara yang dibutuhkan untuk proses gasifikasi dalam reaktor sudah ditentukan dimensinya. Adapun laju aliran udara ditentukan berdasarkan harga equivalensi rasio (λ), dimana harga λ adalah perbandingan antara air-fuel ratio actual pada pengoperasian reaktor gasifikasi dengan air-fuel ratio stoikio meter. Dalam gasifikasi jumlah udara pembakaran dibatasi sebesar 20 – 40 % udara stokiometri atau dengan eqivalen ratio (λ) 0,2 – 0,4. sehingga laju

aliran udara dapat dihitung dengan persamaan (5) yaitu (Yulian M, 2011) :

$$\text{Laju aliran udara} = \frac{(\lambda)(m_{\text{bahan bakar}})(AFR)}{(t_{\text{operasi}})} \dots(5)$$

Menentukan Dimensi Ducting dan Dimensi Destilator. Untuk menentukan dimensi ducting dan destilator diperlukan sifat fisik gas dan data dari perhitungan perpindahan panas yang akan terjadi. Gas yang digunakan ialah gas nitrogen karena pada saat pembakaran gas nitrogen (N_2) yang sangat dominan. Sifat fisik untuk gas nitrogen pada temperatur 973°K dan pada temperatur 293°K untuk udara adalah sebagai berikut (Yulian M, 2011).

Tabel 4. sifat fisik gas Nitrogen (N_2) dan udara

	973 °K (N_2)	293°K (udara)
Pr	0,733	0,7296
K	0,067W/m ^{°c}	0,02551 W/m ^{°c}
μ	0,000035kg/m.s	1,849x10 ⁻³ kg/m.s
P	0,427kg/m ³	1,184 kg/m ³

$$A_{\text{ducting}} = \frac{Q}{V1} \dots\dots\dots (6)$$

$$D_{\text{duct}} = \sqrt{\frac{A}{\pi} \times 4} \dots\dots\dots (7)$$

Untuk menentukan dimensi destilator dapat dicari dari menggunakan persamaan $Q_1 = Q_2$ dimana Q_1 adalah Debit yang terjadi pada ducting dan Q_2 adalah debit yang terjadi pada destilator.

METODE PENELITIAN

Data yang dibutuhkan pada penelitian ini yakni data produksi jagung di Provinsi Gorontalo tahun 2017, dan data komsumsi tongkol jagung yang digunakan untuk Pembangkitan Listrik tahun 2017 dalam Kg/jam. Data yang diperoleh kemudian dianalisis dengan menggunakan rumus-rumus atau persamaan yang telah diperoleh dari berbagai literatur. Analisa data meliputi :

- 1. Potensi Tongkol Jagung sebagai bahan bakar Pembangkit.** Listrik Tenaga Biomassa di Provinsi Gorontalo yang diperoleh dengan :

- Menghitung besarnya energi yang dihasilkan dari biomassa tongkol jagung dengan terlebih dahulu menentukan besarnya massa syngas dengan menggunakan persamaan 1 di

atas, kemudian dikonversi dalam bentuk joule.

b. Menghitung daya listrik yang dapat dihasilkan dari total energi biomassa tongkol jagung per detik.

1. **Kajian aspek Teknologi.** Pemilihan teknologi yang tepat dalam proses pengolahan biomassa tongkol jagung menjadi bahan bakar pembangkit listrik sangat diperlukan. Hal ini agar output daya yang diinginkan dapat tercapai dan kendala-kendala pengoperasian dapat diminimalisir. Pemilihan teknologi berdasarkan studi penelitian sebelumnya mengenai pembangkit listrik tenaga biomassa dan juga merujuk pada sistem PLTBM 500 kW di Pulubala Kabupaten Gorontalo. Jenis gasifikasi yang digunakan adalah updraft gasifier. Pada penelitian ini juga dirancang dimensi reaktor yang sesuai dengan diagram alir sebagai berikut :



Gambar 1. Diagram alir perancangan reaktor gasifikasi biomassa

Kriteria Perancangan. Adapun kriteria perancangan reaktor gasifikasi yang diinginkan adalah sebagai berikut :

Biomassa yang akan digasifikasi : Tongkol Jagung, kapasitas maksimum reaktor: 1,5 kg/kWh, waktu : 30 menit, sistem operasi : Batch (berkala), desain : sederhana dan ekonomis, mudah dioperasikan.

Pemilihan Reaktor. Jenis reaktor yang akan digunakan adalah reaktor Gasifikasi Updraft dimana menyesuaikan dengan jenis reaktor yang digunakan pada PLTBM Puluala.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Revitalisasi Pertanian merupakan strategi umum untuk meningkatkan

kesejahteraan petani, meningkatkan daya saing produk pertanian serta menjaga kelestarian sumber daya pertanian. Revitalisasi Pertanian dapat terwujud sesuai harapan apabila mendapat respon dan dukungan Pemerintah Daerah dan masyarakat serta stakeholder terutama pada daerah daerah potensial untuk pertanian. Revitalisasi pertanian memberikan spirit yang sangat besar kepada Pemerintah Provinsi Gorontalo yang sejak berdirinya memilih pertanian sebagai sektor unggulan dalam memacu peningkatan pendapatan dan kesejahteraan masyarakat khususnya petani sekaligus menjadi penggerak utama pembangunan ekonomi daerah. Program agropolitan berbasis jagung telah menjadikan Provinsi Gorontalo dikenal di tingkat nasional bahkan internasional. Berikut data produksi jagung dari tahun 2012 sampai 2017.

Tabel 5. Produksi Jagung Tahun 2012-2017 Provinsi Gorontalo

No	Tahun	Produksi (Ton)
1	2012	644.754
2	2013	669.094
3	2014	719.780
4	2015	643.513
5	2016	911.350
6	2017	1.552.001

Sumber : BPS Gorontalo, 2017

Penentuan jumlah produksi limbah jagung berdasarkan data pada tabel 2 dengan mengambil sampel data tahun terakhir yang tersedia. Untuk 1 kg biji jagung nilainya adalah sama dengan perbandingan berat 1 buah tongkol jagung per berat biji jagung.

$$\text{Untuk 1 kg biji jagung} = \frac{0,0524}{0,1396} = 0,266 \text{ kg tongkol jagung}$$

Berikut ini adalah data hasil limbah tongkol jagung secara keseluruhan dari tahun 2012 sampai pada tahun 2017 berdasarkan data produksi jagung dapat kita lihat pada tabel 3

Tabel 6. Produksi Limbah jagung di Provinsi Gorontalo

Tahun	produksi jagung	Produksi Limbah jagung
2012	644.754	171.505
2013	669.094	177.979
2014	719.780	191.461
2015	643.513	171.174
2016	911.350	242.419
2017	1.552.001	412.832

(sumber : Hasil perhitungan)

Tabel 5 menunjukkan besarnya potensi limbah tongkol jagung di Provinsi Gorontalo dari tahun ke tahun. Limbah tongkol jagung terbesar pada tahun 2017 sebesar 412.832 ton. Jumlah tersebut menunjukkan bahwa limbah tongkol jagung sangat memungkinkan untuk dijadikan sebagai energi *alternative*.

Setelah menentukan jumlah massa tongkol jagung kemudian dilakukan perhitungan massa syngas dari proses gasifikasi dengan menggunakan persamaan 1 yang ada di atas. Diperoleh hasil seperti yang terlihat pada tabel 6 di bawah.

Tabel 7. Massa Syngas tongkol jagung di Provinsi Gorontalo

Tahun	Massa biomassa	Msyngas (Ton)
2012	171.50	123.607
2013	177.98	128.273
2014	191.46	137.990
2015	171.17	123.369
2016	242.419	174.717
2017	412.832	297.537

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Setelah diperoleh nilai dari gas sintetis (Msyngas) selanjutnya adalah menghitung nilai kalor dari hasil pembakaran biomassa tongkol jagung dengan mengalikan gas sintetis dengan nilai kalor 1 ton gas sintetis (LHV) yang ada pada tabel 3. Energi kalor yang dapat dikonversi menjadi energi listrik dengan nilai konversi pada tabel 2 hasilnya dapat dilihat pada tabel 9 di bawah.

Tabel 8. Nilai Kalori dari biomassa tongkol jagung

Tahun	Msyngas (ton)	Nilai Kalor (KJ)
2012	123.607	349.378.940,25
2013	128.273	362.568.285,96
2014	137.990	390.033.987,56
2015	137.990	390.033.987,56
2014	137.990	390.033.987,56
2017	297.537	840.997.441.891,41

Tabel 9. Daya listrik yang dihasilkan dari proses gasifikasi tongkol jagung

Tahun	Msyngas	Nilai Kalor (KJ)	P (MW)
2012	123.607,02	349.378.940.251,49	97.049,71
2013	128.273,28	362.568.285.964,31	100.713,41
2014	137.990,39	390.033.987.558,39	108.342,77
2015	123.369,10	348.706.467.859,15	96.862,91
2016	174.716,64	493.841.833.006,38	137.178,29
2017	297.537,07	840.997.441.891,41	233.610,40

Perancangan Reaktor Gasifikasi skala 500 kW. Dimensi reaktor yang akan ditentukan adalah diameter dan tinggi reaktor. Untuk menentukan dimensi reaktor tersebut perlu menentukan beberapa parameter yakni :

1. **Penentuan Laju Konsumsi Bahan Bakar.** Untuk menghitung laju pemakaian bahan bakar dapat dihitung dengan persamaan :

$$FCR = \frac{M_{\text{bahan bakar}}}{t_{\text{gasifikasi}}} \text{ (kg/jam)} \dots\dots\dots (8)$$

Sehingga laju pemakaian bahan bakar adalah 3 kg/jam.

2. **Penentuan Gasifikasi Spesifik (SGR).** Nilai gasifikasi spesifik (SGR) untuk Tongkol Jagung dapat diperoleh berdasarkan persamaan 1 di atas. Dimana nilai HHV biomassa tongkol jagung menurut gita 2009 adalah sebesar 6066,53 KJ/kg dan nilai LHV tongkol jagung adalah 2826,53 KJ/kg dengan efisiensi gasifikasi sebesar 33,58%, maka nilai gasifikasi spesifik atau Massa syngas adalah 1,081 kg/m².

3. **Menghitung Diameter Reaktor.** Diameter reaktor dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3). Sehingga besar diameter reaktor biomassa adalah :

$$D = \sqrt{\frac{1,27 FCR}{SGR}} \dots\dots\dots(9)$$

$$= \sqrt{\frac{1,27 \times 3}{1,081082}}$$

$$= 1,88 \text{ m}$$

$$= 188 \text{ cm}$$

Dimana diketahui FCR= 3 kg / jam dan SGR = 1.081082 kg/m² jam. Maka besar perancangan diameter reaktor yaitu sebesar 1,88 meter.

4. **Menghitung Tinggi Reaktor.** Tinggi reaktor dihitung dengan menggunakan persamaan (4) yaitu :

$$h = \frac{P \times SGR}{\rho} \dots\dots\dots(10)$$

Dari persamaan diatas diperlukan harga densitas Tongkol Jagung. Dalam penelitian ini harga densitas Tongkol Jagung diambil dari nilai densitas tongkol jagung dari pengujian menggunakan hukum *Archimedes*. Dari pengujian tersebut diperoleh $\rho = 0,7023 \text{ kg/m}^3$ sehingga tinggi reaktor = 77 cm.

5. **Menghitung Volume Reaktor.** Untuk menghitung volume reaktor menggunakan persamaan (5)

$$V = \pi r^2 t \dots\dots\dots(11)$$

$$= 3,14 \times (188/2)^2 \text{ cm} \times 77 \text{ cm}$$

$$= 2136368,08 \text{ cm}^3$$

6. **Menentukan Kapasitas Blower.** Dalam gasifikasi jumlah udara pembakaran dibatasi sebesar 20 – 40 % udara stokiometri atau dengan eqivalen ratio (λ) 0,2 – 0,4. sehingga laju aliran udara dapat dihitung dengan persamaan :

Laju aliran udara

$$= \frac{(\lambda)(\text{M bahan bakar})(AFR)}{C_{\text{udara}}}\dots\dots\dots(12)$$

$$= \frac{(0,3)(1,5 \text{ kg})(1,25)}{30 \text{ menit}}$$

$$= 0,01875 \text{ kg/menit}$$

Dimana λ yang digunakan adalah nilai tengah atau rata-rata dari 0,2 – 0,4 yakni 0,3 dan AFR yang digunakan adalah 1,25 dengan massa tongkol jagung yang digunakan 1.5 kg / 30 menit. Sehingga diperoleh harga flow rate udara primer (Mu) adalah 0,01875 kg/menit.

Kapasitas blower dihitung = 0,1875 kg/ menit

$$= \frac{0,1875}{1,184} \text{ m}^3/\text{menit}$$

$$= 0,15836 \text{ m}^3/\text{menit}$$

$$= 9,50 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Jika 1 ft³ = 0,0283 m³

Maka = 0,15836 m³/menit

$$= \frac{0,15836}{0,0283} \text{ cfm}$$

$$= 5,595 \text{ cfm}$$

7. **Menentukan Dimensi Ducting dan Dimensi Destilator.** Untuk menentukan dimensi ducting dan destilator diperlukan sifat fisik gas dan data dari perhitungan perpindahan panas yang akan terjadi. Gas yang digunakan ialah gas nitrogen karena pada saat pembakaran gas nitrogen (N₂) yang sangat dominan. Sifat fisik untuk gas nitrogen pada temperatur 973°K dan pada temperatur 293°K untuk udara adalah sebagai berikut (Yulian M, 2011) :

Tabel 10. Sifat fisik gas Nitrogen (N₂) dan udara

	973 °K (N ₂)	293° K (udara)
Pr	0,733	0,7296
K	0,067W/m°c	0,02551 W/m°c
μ	0,000035kg/m.s	1,849x10 ⁻³ kg/m.s
P	0,427kg/m ³	1,184 kg/m ³

Untuk menentukan dimensi *ducting* atau pipa penyambung antara reaktor menuju destilator dapat ditentukan dari laju aliran udara dari blower dimana:

$$Q = 0,15836 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{menit}}\right)$$

$$= 0,00264 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{detik}}\right)$$

Diameter conducting (d) ditentukan sebesar 1 inchi atau sama dengan 0,0254 m maka

$$A_{\text{ditentukan}} = 505 \text{ mm}^2$$

Jadi

$$V = 5,22 \text{ m/s}$$

Untuk menentukan dimensi destilator dapat dicari dari menggunakan persamaan Q₁ = Q₂ dimana Q₁ adalah Debit yang terjadi pada ducting dan Q₂ adalah debit yang terjadi pada destilator.maka :

$$Q_1 = Q_2$$

$$V_1 A_1 = V_2 A_2$$

$$5,22 \text{ m/s} \times 505 \text{ mm}^2 = 2,5 A_2$$

$$A_2 = \frac{5,22 \text{ m/s} \times 505 \text{ mm}^2}{2,5 \text{ m/s}}$$

$$= 1054,44 \text{ mm}^2$$

Dimana V₂ ditentukan 2,5 m/s,dari batas minimum bilangan reynold yang terjadi pada tabung destilator > 4000. Dengan asumsi A₁ adalah luas dalam ducting maka A₂ luas dalam destilator.

jadi

$$D_{\text{destilator}} = 36,65 \text{ mm}$$

$$= 0,03665 \text{ m}$$

KESIMPULAN

Dari hasil analisis yang dilakukan pada penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Massa syngas yang dihasilkan dari banyaknya limbah tongkol jagung yang diproduksi pada tahun 2017 sebesar 174.717 ton syngas.
2. Daya yang dihasilkan dengan mengkonversi nilai kalori dari massa syngas adalah sebesar 137.178,29 MW.
3. Untuk optimalisasi syngas yang dihasilkan dari proses gasifikasi diperlukan perancangan dimensi reaktor yang sesuai agar jumlah air fuel rasio tidak besar.

DAFTAR RUJUKAN

- Anonymous, "Net Heating Value dari Limbah Pertanian, Kayu Bakar, Arang Dibandingkan dengan Batubara dan Minyak Tanah", Lembaga Penelitian Hasil Hutan, Bogor, Indonesia, 1978
- Badan Pusat Statistik Provinsi Gorontalo. 2017. Lahan Panen, Produksi, dan Produktivitas Tanaman Pangan Provinsi Gorontalo. diakses melalui [http : www.gorontalo.bps.go.id](http://www.gorontalo.bps.go.id). Pada tanggal 08 Mei 2017.
- Fatimah, A. M, Friga, S. R, Nataliawati S, Hakimul, B. 2016. Gasifikasi Biomassa : Studi Kasus Proyek di Desa Munduk, Buleleng, Bali. Indonesian Institute for Energy Economics.
- Gita Astari Putri. 2009. Pengaruh Variasi Temperatur Gasifying Agent II Media Gasifikasi Terhadap Warna dan Temperatur Api pada Gasifikasi Reaktor *Downdraft* dengan Bahan Baku Tongkol Jagung. Surabaya: ITS.
- Haluti Sirajuddin, 2014. Pemetaan Potensi Limbah Tongkol Jagung Sebagai Energi Alternative di Wilayah Provinsi Gorontalo. Tesis ITS. Surabaya.
- Kuvarakul, T., Diane, A, Alin, P, Hasintya, S. Pedoman Energi Terbarukan tentang Pengembangan Proyek Tenaga Listrik Tenaga Biomassa dan Biogas Di Indonesia. Penerbit : GIZ GmbH. Jakarta 2015.
- Panwar, N.L., Rathore, N.S, 2008, Design and Performance evaluation of a 5 kw producer gas stove, Biomassa and Bioenergy, 32, 1349-1352.
- Pramudono, B, 2007. Pemberdayaan Energi Alternatif Berbasis Biomassa Sebagai Upaya Mengamankan Pasokan Energi Nasional. Badan Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang.
- Putra, R. C, Indra, M. G, Harmen, B. 2013. Perancangan Pembuatan dan Pengujian Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa. Jurnal Fema, Vol.1, No. 3. April, 2013..
- Saputro, D, D. 2009. Karakteristik Pembakaran Briket Arang Tongkol Jagung. Jurnal Kompetensi Teknik, Vol. 1, No. 1, November.
- Siswanto S. 2010. Analisis Keekonomian Harga Listrik Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa di Kabupaten Lampung Tengah, Tesis. Universitas Indonesia. Depok.
- Soerawidjaja, T, H. 2011. Rintangan-Rintangan Percepatan Implementasi Bioenergi. Seminar KADIN, Jakarta.
- Suharto, 2013. Kajian Awal Potensi Pemanfaatan Biomassa Sekam Padi Untuk Pembangkit Listrik Melalui Teknologi Gasifikasi Di Provinsi Sulawesi Selatan. Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia V, Surakarta.
- Surat Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Tentang RUPTL PT.PLN (Persero) Tahun 2016 s.d. 2025. Diakses melalui [http : www.djk.esdm.go.id](http://www.djk.esdm.go.id), tanggal 10 May 2017.
- Tajalli, A. 2015. Panduan Penilaian Potensi Biomassa Sebagai Sumber Energi Alternatif DI Indonesia. Penabulu Alliance.
- Widodo, T.W. Bio Energi Berbasis Jagung dan Pemanfaatan Limbahnya. Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian Serpong.
- Yulian Muhamad, 2011, Perancangan Reaktor Gasifikasi Biomassa Kapasitas 3 kg. Repository.unpas.ac.id, diakses tanggal 26 April 2018.