

Jurnal Mekanika dan Sistem Termal (JMST)

Journal homepage: <http://e-journal.janabadra.ac.id/index.php/JMST>

Original Article

Studi Kelayakan Ekonomi Pembangunan PLTD Sistem Dual Fuel dengan Gasifikasi Sekam Padi Kapasitas 50 kVA

Syamsul Ma'arif^{1*}, Rena Juwita Sari², Mochamad Syamsiro³

¹ Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Proklamasi 45 Yogyakarta

² Program Studi Teknik Perminyakan, Fakultas Teknik, Universitas Proklamasi 45 Yogyakarta
Jl. Proklamasi No. 1 Babarsari, Yogyakarta 55281

³ Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Janabadra, Jl. T.R. Mataram 57 Yogyakarta 55231

*Corresponding author:

Email: arief.068@gmail.com

Abstract – *Electrification ratio in Special Distric of Yogyakarta in 2015 still under 100%, but 100% villages has been electrified. It shows that several houses which far from village which has not been electrified. The alternative solution is to build a small power plant by utilizing rice husks which are quite abundant in Yogyakarta. Diesel Power Plant (PLTD) by dual fuel system studied had a capacity of 50 kVA. Dual fuel system is combination of diesel fuel and synthetic gas from gasification of rice husks. This study is discussed about potential of rice husks, gasification equipment design, electrical distribution, and economic feasibility studies. The results showed that 0.2% of rice husks in Yogyakarta is enough to fulfill fuel requirements of PLTD by dual fuel system. Comparison of fuel requirements in PLTD by dual fuel system is 40% or about 4.72 liters/hour of diesel fuel and 60% synthetic gas from gasification of rice husk as much as 33.19 kgs/hour. Reactor is designed to fulfill gasification process for 2 hours every batch. The system produced 31.68 kWh distributed to 2 home industries, 48 households with each capacity is 450 VA, and street lighting. Investment to build PLTD by dual fuel system is Rp. 700,310,500.00 and operational & maintenance costs is Rp. 458,196,000.00 per year. The economic feasibility study to build PLTD by dual fuel system is claimed feasible if minimum price of electricity is Rp. 2,417.00 which gain NPV and IRR of Rp. 568,819.00 and 12.03%, respectively and payback period of 4 years.*

Keywords – *Electrification Ratio; Gasification; Rice Husk; Dual Fuel; Economic Feasibility Study*

1. Pendahuluan

Kebutuhan energi di Indonesia khususnya energi listrik semakin meningkat seiring dengan perkembangan perekonomian dan meningkatnya jumlah penduduk di Indonesia. Disamping itu, beberapa daerah di Indonesia belum mendapatkan pasokan energi listrik yang cukup. Berdasarkan data Ditjen Ketenagalistrikan Kementerian ESDM tahun 2015 semester I, rasio elektrifikasi di seluruh wilayah Indonesia adalah sebesar 86,39 % atau 13,61 % belum mendapatkan akses listrik (ESDM, 2016). Sesuai target Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional (RUKN)

2015 – 2034 Kementerian ESDM pada tahun 2024 rasio elektrifikasi seluruh daerah di Indonesia adalah 100%, maka melakukan peningkatan sambungan baru bagi pelanggan PLN dan pemanfaatan energi baru terbarukan (EBT).

Yogyakarta adalah salah satu provinsi di pulau jawa yang rasio elektrifikasinya pada tahun 2014 belum mencapai 100%, yaitu 82,26%. Berdasarkan RUKN kementerian ESDM target peningkatan rasio elektrifikasi di Provinsi D.I. Yogyakarta sebagaimana Tabel. 1 dimana pada

tahun 2021 ditargetkan rasio elektrifikasi di Provinsi D.I. Yogyakarta adalah 100%.

Berdasarkan data dari Kementerian ESDM, pada tahun 2011 desa yang dialiri listrik di Provinsi D.I. Yogyakarta sudah mencapai 100%, yaitu sebanyak 438 desa. Pada tahun 2014 jumlah Kepala Keluarga (KK) di Provinsi D.I. Yogyakarta sebanyak 1.091.763 KK. Sedangkan jumlah KK yang menggunakan listrik dari PLN sebanyak 897.001 KK dan dari non-PLN sebanyak 1.130 KK, sehingga total pengguna listrik di Provinsi D.I. Yogyakarta sebanyak 898.131 KK atau berarti sebanyak 193.632 KK belum menggunakan listrik. Banyaknya KK yang belum dialiri listrik mungkin di daerah yang terpisah jauh dari kelompok masyarakat di desa maupun kota, mengingat seluruh desa 100% sudah dialiri listrik. Untuk itu perlu dikembangkan pembangkit listrik yang bisa dijangkau oleh masyarakat di daerah yang terpencil di Provinsi D.I. Yogyakarta dengan biaya investasi yang relatif lebih murah tentunya.

Tabel 1. Target rasio elektrifikasi di D.I. Yogyakarta

Tahun	Target Rasio Elektrifikasi (%)
2014	82,26
2015	85,64
2016	88,76
2017	91,67
2018	94,37
2019	96,86
2020	99,42
2021 s/d 2034	100,00

Dilolah dari: RUKN 2015 – 2034 Kementerian ESDM

Salah satu alternatif meningkatkan rasio elektrifikasi di Provinsi D.I. Yogyakarta dengan membangun pembangkit listrik berbasis potensi biomassa. Salah satu biomassa yang sudah dilakukan penelitian adalah sekam padi (*rice husk*) (Susanto, et al., 2014). Produksi padi di Provinsi D.I. Yogyakarta pada tahun 2014 sebanyak 719.194 ton gabah kering giling (GKG) dan diperkirakan pada tahun 2015 naik menjadi sebanyak 746.810 ton GKG (BPS-Jogja, 2015).

Salah satu teknologi proses thermo-kimia yang mampu mengubah biomassa (zat padat) menjadi *combustible gas* adalah Gasifikasi. Tipe gasifikasi yang dipilih adalah Tipe *downdraft* karena kandungan tar yang dihasilkan paling minim dan sesuai untuk syngas yang akan dimasukkan ke engine (Putra, et al., 2013).

Dalam penelitian ini akan didesain Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) sistem dual fuel berbasis teknologi gasifikasi dengan bahan baku sekam padi dan kapasitasnya 50 kVA. Sudah banyak penelitian yang membahas tentang teknologi gasifikasi hingga menjadi bahan bakar, namun masih sedikit yang membahas tentang kelayakan hingga menjadi sistem pembangkit listrik ditinjau dari ketersediaan bahan bakunya (Susanto, et al., 2014). Untuk itu pada penelitian ini akan dibahas mulai dari rancangan teknologi

gasifikasi untuk sistem dual fuel ke genset diesel kapasitas 50 kVA hingga studi kelayakan ekonominya, meliputi: modal investasi, biaya produksi, analisa *Payback Periode*, IRR, dan NPV.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian dimulai dengan perhitungan kebutuhan bahan baku sekam padi dan solar untuk PLTD dual fuel dengan sistem gasifikasi. Setelah itu dilanjutkan dengan perancangan peralatannya, mulai dari sistem memasukkan bahan baku hingga syngas masuk ke diesel dan rancangan distribusi listrik sederhana untuk kapasitas 50 kVA.

Tahap selanjutnya adalah melakukan analisa tentang studi kelayakan ekonominya mulai dari modal investasi, biaya operasional produksi dengan analisa *payback periode*, IRR, dan NPV. Dalam penelitian ini distribusi listrik langsung ke rumah tangga (*off grid*) melalui control panel sederhana. Namun untuk memudahkan perhitungan, penentuan harga jual listrik dihitung dari *feed in tariff* sesuai Peraturan Menteri ESDM No 27 Tahun 2014, yaitu Rp. 1.500,- / kWh untuk masuk ke tegangan rendah dan faktor pengali (F) sama dengan 1 untuk daerah di pulau jawa.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Perhitungan Kebutuhan Bahan Bakar

a. Bahan Baku Sekam Padi

Nilai kalor paling tinggi untuk syngas dari sekam padi adalah pada temperatur 500°C dengan nilai *Nett Heating Value* (NHV) 1.776,61 kkal/kg (Hasnedi, 2012). Sehingga bisa dihitung kebutuhan sekam padi untuk genset kapasitas 50 kVA.

$$50 \text{ kVA} = (0,8 \times 50) \text{ kW} = 40 \text{ kW} \quad (1)$$

Karakteristik generator untuk *gas - diesel engine* mempunyai *electrical efficiency/convetion efficiency* (CE) sebesar 35% - 40% (Deublein & Steinhauer, 2008). Apabila dipakai CE 35%, maka untuk mendapatkan output 40 kW dibutuhkan input:

$$\text{Input} = \frac{40 \text{ kW}}{0,35} = 114,29 \text{ kW} \quad (2)$$

$$114,29 \text{ kW} = 114,29 \times 859,85 \text{ kkal/jam} = 98.268,57 \text{ kkal/jam} \quad (3)$$

$$\text{Kebutuhan Sekam Padi} = \frac{98.268,57 \text{ kkal/jam}}{1.776,61 \text{ kkal/kg}} = 55,31 \text{ kg/jam} \quad (4)$$

Kombinasi bahan bakar solar dan syngas (hibrid) bisa menghemat konsumsi solar sebanyak 60% lebih (Herjadi, et al., 2010). Sehingga kebutuhan sekam padi untuk bahan bakar genset diesel sebesar:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan 60\% sekam padi} &= 60\% \times 55,31 \text{ kg/jam} \\ &= 33,19 \text{ kg/jam} \end{aligned} \quad (5)$$

Berdasarkan perhitungan (5) didapatkan kebutuhan sekam padi untuk menghasilkan 50 kVA adalah 33,19 kg/jam. Selanjutnya dapat dihitung kebutuhan sekam padi dalam satu bulan maupun satu tahunnya.

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan 1 bulan} &= 33,19 \text{ kg} \times 24 \text{ jam} \times 30 \text{ hari} \\ &= 23.894,96 \text{ kg} \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan 1 tahun} &= 23.894,96 \text{ kg} \times 12 \text{ bulan} \\ &= 286.739,51 \text{ kg} \\ &= 286,74 \text{ ton} \end{aligned} \quad (7)$$

Prosentase sekam padi yang adalah 20% dari produksi gabah kering giling (Susanto, et al., 2014), maka didapatkan sekam padi sebesar 143.838,8 ton. Kebutuhan sekam padi dibandingkan dengan potensi sekam padi di Provinsi D.I. Yogyakarta adalah:

$$\begin{aligned} \text{Prosentase} &= \frac{286,74 \text{ ton}}{143.838,80 \text{ ton}} \\ &= 0,2\% \end{aligned} \quad (8)$$

b. Bahan Bakar Solar

Konsumsi bahan bakar genset diesel merk cummins dengan 4 silinder kapasitas 50 kVA atau 40 kW adalah 8,9 liter/jam untuk beban 75% dan 11,8 liter/jam untuk beban 100% (hargen.co.id). Untuk menghitung konsumsi bahan bakar solar pada genset diasumsikan beban maksimum yaitu 11,8 liter/jam.

Kombinasi bahan bakar solar dan syngas (hibrid) hanya membutuhkan 40% solar dibandingkan diesel dengan bahan bakar solar murni (Herjadi, et al., 2010). Perhitungan konsumsi bahan bakar solar pada genset dengan sistem dual fuel didapatkan:

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi solar} &= (100\% - 60\%) \times 11,8 \text{ liter/jam} \\ &= 4,72 \text{ liter/jam} \end{aligned} \quad (9)$$

3.2. Rancangan Peralatan Gasifikasi & Distribusi Listrik

a. Perancangan Reaktor

Volume reaktor harus disesuaikan dengan kebutuhan bahan baku sekam padi minimal 1 jam per batch nya. Volume reaktor bisa dihitung dengan mengetahui berat jenis sekam padi. Berat jenis sekam padi adalah 122 kg/m³ (Fang, et al., 2004). Berdasarkan pada perhitungan (5), maka dapat dihitung:

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \frac{33,19 \text{ kg/jam}}{122 \text{ kg/m}^3} \\ &= \frac{33,19 \text{ kg/jam}}{0,122 \text{ kg/dm}^3} \\ &= 272 \text{ dm}^3/\text{jam} = 272 \text{ liter/jam} \end{aligned} \quad (10)$$

Setiap proses gasifikasi diasumsikan selama 2 jam, maka volume reaktor dihitung menjadi dua kali yaitu 544 dm³. Berdasarkan volume setiap batch selama 2 jam, dapat diasumsikan ukuran reaktor:

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= p \times l \times t \\ &= (600 \times 600 \times 1.600) \text{ mm}^3 \\ &= (6 \times 6 \times 16) \text{ dm}^3 \\ &= 576 \text{ dm}^3 \approx 544 \text{ dm}^3 \end{aligned} \quad (11)$$

b. Perancangan Peralatan

Perancangan peralatan berdasarkan ukuran dari reaktor yang sudah diketahui, selanjutnya didesain beberapa peralatan pendukung untuk mendapatkan gas yang bersih untuk bisa masuk ke *combustion engine* pada mesin diesel bercampur sengan solar. Detail peralatan pendukung dalam proses gasifikasi dapat dilihat pada Gambar 1. Desain 3D menggunakan software Solidworks 2013. Sedangkan detail spesifikasi teknis setiap komponen peralatan gasifikasi dapat dilihat pada Tabel 2. Berat komponen peralatan gasifikasi dan total berat satu unit dihitung dari software Solidworks 2013. Sehingga dapat diketahui biaya pengangkutan satu unit peralatan gasifikasi ini apabila diketahui berat totalnya.

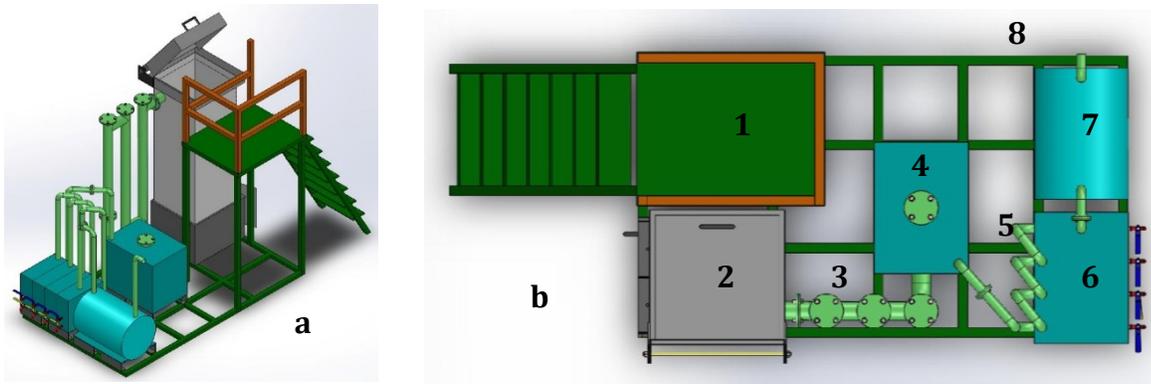
c. Distribusi Listrik

Distribusi listrik 50 kVA, dengan power faktor 80%, maka didapatkan 40 kVA. Bagian yang dihitung dalam pembagian distribusi listrik adalah arusnya. Arus yang di dapat dapat dihitung seperti dalam perhitungan 12 dan 13.

$$\begin{aligned} \text{Arus} &= \frac{40.000 \text{ VA}}{220 \text{ V}} \\ &= 181,82 \text{ A} \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} \text{Arus per phase} &= \frac{181,82 \text{ A}}{3} \\ &= 60,61 \text{ A} \end{aligned} \quad (13)$$

Setelah diidentifikasi besaran arus yang dapat di distribusikan, selanjutnya adalah penggunaan listriknnya adalah untuk pengembangan industri kecil, rumah tangga, penerangan dan cadangan. Pembagiannya dapat dilihat pada Tabel 3.



a. Gambar Tampak Samping (isometric) b. Gambar Tampak Atas

Gambar 1. Desain 3D Peralatan Gasifikasi Sekam

Tabel 2. Detail Spesifikasi Teknis Setiap Komponen Peralatan Gasifikasi

No	Nama Komponen	Dimensi (mm) p x l x t	Material	Berat (kg)	Proses Pembuatan & Sambungan	Definisi Proses & Fungsi Komponen
1	Operator Patform	800 x 1.000 x 2.550	Mild Stell & Ornament SS	56,6	Las & baut	Tempat untuk memasukkan sekam padi ke dalam reaktor
2	Reactor	640 x 640 x 2.232	SS 304 (plat) tebal 2 mm	132,3	Tekuk & Las	Tempat pembakaran dan proses gasifikasi, ash box untuk membuang abu sisa pembakaran
	- Body Reactor	600 x 600 x 1.600				
	- Ash Box	640 x 720 x 500				
3	Gas Cooling Pipe	Ø 4"	SS 304 (pipa) tebal 3 mm	67,1	Las & baut	Pipa saluran gas dari rektor ke proses berikutnya sekaligus proses pendinginan
4	Water Scrubber	1.100 x 596 x 700	SS 304 (plat) tebal 2 mm	82,3	Tekuk & Las	Membersihkan gas hasil gasifikasi dengan media air
5	Gas Clean Up Pipe	Ø 2"	SS 304 (pipa) tebal 3 mm	39,3	Las & Baut	Menghubungkan ke Gas Clean Up
6	Gas Clean Up	700 x 500 x 400	SS 304 (plat) tebal 2 mm	42,7	Tekuk & Las	Membersihkan gas dari larutan campuran air dengan media solar melalui 4 kolom
	- Lebar kolom	175				
7	Gas Holder	700 x Ø 50	SS 304 (plat) tebal 2 mm	46,0	Roll & Las	Tempatpenampung gas sementara
8	Base Frame	2.600 x 1.500 x 40	Mild Stell UNP 150	52,1	Las	Penyangga seluruh komponen peralatan gasifikasi

Tabel 3. Pembagian Distribusi Listrik

Beban	Arus (A)	Sistem Kelistrikan	Keterangan
SDP 1 (Blok A)	30	3 phase	Home Industri (UKM)
SDP 2 (Blok B)	30	3 phase	Pengembangan UKM
SDP 3 (Blok C)	20	3 phase	12 RT @ 450 VA
SDP 4 (Blok D)	20	3 phase	12 RT @ 450 VA
SDP 5 (Blok E)	20	3 phase	12 RT @ 450 VA
SDP 6 (Blok F)	20	3 phase	12 RT @ 450 VA
LP A (Jalur 1)	2	1 phase	Penerangan jalan
LP B (Jalur 2)	2	1 phase	Penerangan jalan
Spare 1	12	1 phase	Cadangan/ beban portable
Spare 2	12	1 phase	Cadangan/ beban portable
Total	168		
Kapasistas Sisa	13,82		

Berdasarkan pembagian listrik seperti terlihat pada Tabel 3, maka rumah tangga yang bisa dialiri listrik sejumlah 48 rumah dengan kapasitas masing-masing 450 VA. Besar arus yang didistribusikan untuk industri dan untuk rumah tangga (tidak termasuk cadangan) adalah 144 Ampere. Sehingga total distribusi listrik yang dimanfaatkan sebagaimana ditunjukkan pada perhitungan (14)

$$\begin{aligned} \text{Plant of distribution} &= 144 \times 220 \\ &= 31,68 \text{ kW} \end{aligned} \quad (14)$$

3.3. Studi Kelayakan Ekonomi

Dalam pembahasan studi kelayakan ekonomi pembangunan PLTD sistem dual fuel dengan gasifikasi sekam padi harus mengidentifikasi komponen-komponen investasi dan komponen-komponen biaya proses produksi.

a. Biaya Investasi & Operasional

Kebutuhan investasi dan operasional sangat penting untuk menentukan sebuah project itu layak dijalankan atau tidak. Adapun dalam penelitian ini, komponen Investasi ditampilkan pada Tabel 4, sedangkan Tabel Operasional ditampilkan pada Tabel. 5.

Tabel 4. Komponen Investasi

No	Komponen Investasi	Biaya (Rp)
1	Sewa Tempat	55.000.000
2	Genset Diesel & Gasifikasi	406.267.500
3	Instalasi Kelistrikan	216.893.000
4	Sarpras Kantor	18.850.000
5	Safety Tools	3.300.000
Total Investasi		700.310.500

Tabel 5. Komponen Biaya Operasional dan Maintenance

No	Komponen Biaya	Biaya (Rp)
1	Peralatan ATK	200.000
2	Bahan Bakar & Perawatan	34.403.000
3	Gaji Pelaksana	2.500.000
4	Overhead	1.080.000
Total Biaya Operasional / Bulan		38.183.000
Total Biaya Operasional / Tahun		458.196.000

b. Data Pendukung Analisis Ekonomi

Beberapa data pendukung dalam analisis ekonomi antara lain:

- *Transmission losses* (daya yang hilang selama distribusi), dalam hal ini, distribusi hanya sebatas 48 rumah tangga dan 2 UKM (jaraknya tidak terlalu jauh), sehingga dibuat asumsi daya yang hilang sebesar 5%

- *Service life* (umur pakai produktif suatu mesin), dalam hal ini dihitung umur pakai maksimal suatu mesin hingga 10 tahun
- *Tariff Increase* (kenaikan tarif berkala setiap tahunnya), apabila berdasarkan *feed in tariff* maka tidak ada kenaikan harga per tahun. Namun dalam perhitungan ini, karena akan disambungkan langsung *off grid*, maka perlu dibuat asumsi kenaikan tarif, yaitu 3% per tahun.
- *Discount Rate* (tingkat suku bunga), adalah bunga dari modal pinjaman di bank, dalam hal ini dibuat sebesar 12% per tahun
- *Inflation Rate* (penurunan nilai mata uang rupiah setiap tahunnya), dalam hal ini, diambil rata-rata tingkat inflasi rupiah selama sepuluh tahun terakhir, yaitu 6,22% per tahun, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Laju Inflasi Rupiah Setiap Tahun

Tahun	Inflasi	Tahun	Inflasi
2006	6,60%	2011	3,79%
2007	6,59%	2012	4,30%
2008	11,06%	2013	8,38%
2009	2,78%	2014	8,36%
2010	6,96%	2015	3,35%
		Rata-rata	6,22%

Diolah dari data BPS (bps.go.id)

c. Analisa Ekonomi

Dalam menghitung analisa ekonomi, dihitung dengan software Microsoft Excel. Untuk menghitung analisa ekonomi perlu dimasukkan data-data pendukung yang sudah dibahas. Analisa ekonomi yang digunakan adalah *Payback Period* (PP), *Internal Rate of Return* (IRR), *Net Present Value* (NPV). Adapun tampilan sheet di excelnya sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 7 dan Tabel 8.

Tabel 7. Tampilan Dalam Format Excel untuk Data Pendukungnya & Hasil Analisa Ekonominya

CASH FLOW ANALYSIS OF DUAL FUEL DIESEL POWER PLANT							
Plant Capacity	50,00	kVA	Tariff	2.417,00	IDR/kWh	NPV	568.819,00 IDR
Plant Capacity Output	40,00	kW	Distric Factor (F)	1,00		IRR	12,03 %
Plant Energy Distribution	31,68	kW	Fix Tariff	2.417,00	IDR/kWh	PP	4,00 Years
Annual Generation	273.715,20	kWh/a	Tariff Increase	3,00	Per annual		
Transmission Losses	5,00	%	Discount Rate	12,00	Per annual		
Total Annual Energy Distribution	260.029,44	kWh/a	Inflation Rate	6,22	Per annual		
Total Investment	700.310.500	IDR	Service Life	10,00	Years		
Operation & Maintenance	458.196.000	IDR/a					

Tabel 8. Tampilan Dalam Format Excel untuk Perhitungan Cash Flow nya

Year	Investment IDR	Operation & Maintenance IDR/a	Total Energy Selling		Gross Revenue IDR/a	Net Cash Flow IDR/a	Investment Payback IDR/a
			Distribution kWh/a	Selling Tariff IDR/kWh			
2016	0	- 700.310.500			- 700.310.500	- 700.310.500	
2017	1	- 458.196.000	260.029	2.417	628.491.156	170.295.156	- 530.015.344
2018	2	- 486.695.791	260.029	2.490	647.345.891	160.650.100	- 369.365.244
2019	3	- 516.968.269	260.029	2.564	666.766.268	149.797.998	- 219.567.245
2020	4	- 549.123.696	260.029	2.641	686.769.256	137.645.560	- 81.921.685
2021	5	- 583.279.190	260.029	2.720	707.372.334	124.093.144	42.171.459
2022	6	- 619.559.155	260.029	2.802	728.593.504	109.034.348	151.205.807
2023	7	- 658.095.735	260.029	2.886	750.451.309	92.355.574	243.561.382
2024	8	- 699.029.289	260.029	2.973	772.964.848	73.935.559	317.496.940
2025	9	- 742.508.911	260.029	3.062	796.153.793	53.644.882	371.141.822
2026	10	- 788.692.965	260.029	3.154	820.038.407	31.345.442	402.487.264

Berdasarkan format perhitungan pada software excel sebagaimana terlihat pada Tabel 7. Dan Tabel 8, didapatkan hasil analisa ekonomi dengan harga jual listrik sesuai *feed in tariff* yaitu Rp. 1.500,- per kWh tidak feasible. Adapun besar harga yang didapatkan untuk mencapai analisa ekonomi yang feasible adalah Rp. 2.417,- per kWh.

4. Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan dan analisa data yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Potensi sekam padi di Provinsi D.I. Yogyakarta sangat mencukupi untuk kebutuhan gasifikasi sebagai bahan bakar dalam PLTD sistem dual fuel, yaitu cukup 0,2% dari total potensi sekam padi yang ada
2. Pada PLTD kapasitas 50 kVA dengan sistem dual fuel memiliki komposisi bahan bakar 40% atau setara 4,72 liter/jam solar dan 60% syngas dari sekam padi 33,19 kg/jam sekam padi
3. Peralatan Reaktor Gasifikasi mampu menampung sekam padi selama 2 jam setiap batch-nya
4. Listrik yang di distribusikan dari 40 kW daya output adalah sebesar 31,68 kW untuk 2 UKM dan 48 rumah tangga dengan masing-masing rumah tangga dengan kapasitas 450 VA. Listrik yang tidak terdistribusikan adalah untuk cadangan dan penerangan jalan umum
5. Kebutuhan untuk pembangunan PLTD dual fuel dengan gasifikasi sekam padi adalah investasi sebesar Rp. 700.310.500,- dan biaya operasional dan maintenance (OM) sebesar Rp. 458.196.000,- per tahun
6. Perhitungan kelayakan ekonomi menunjukkan bahwa harga minimal listrik agar Pembangunan PLTD dual fuel dengan gasifikasi sekam padi dinyatakan layak adalah Rp. 2.417,- per kWh. Dengan harga tersebut didapatkan nilai NPV sebesar Rp. 568.819,-; IRR sebesar 12,03 %, dan *payback periode* sebesar 4 tahun.

Daftar Pustaka

- BPS, (2016) Badan Pusat Statistik. [Online] Available at: bps.go.id [Accessed 24 Mei 2016].
- BPS-Jogja (2015) Badan Pusat Statistik Provinsi D.I. Yogyakarta. [Online] Available at: <http://yogyakarta.bps.go.id/> [Accessed 23 Mei 2016].
- Deublein, D. dan Steinhäuser, A. (2008) *Biogas from Waste and Renewable Resources*. Weinheim: Wiley-VCH.
- Dzulfansyah, D., Nelwan, L. O. dan Wulandani, D. (2014) *Analisis Computational Fluid Dynamics untuk Perancangan Reaktor Gasifikasi Sekam Padi Tipe Downdraft*. Jurnal Keteknikaan Pertanian IPB, Volume 2. No. 2., pp. 133 - 140.
- ESDM (2016) Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. [Online] Available at: www.esdm.go.id [Accessed 23 Mei 2016].
- Fang, M. et al. (2004) *Experimental Study on Rice Husk Combustion in a Circulating Fluidized Bed*. Fuel Processing Technology Elsevier, Vol. 85(Issue 11), pp. 1273 - 1282.
- H. (2012) *Pemanfaatan Batubara dan Biomassa dengan Proses Pirolisa untuk Sumber Energi dan Industri di Kalimantan Timur*, Jakarta: Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.
- Hargen.co.id (2016) *Harga Generator*. [Online] Available at: <http://www.hargen.co.id/harga/harga-genset-cummins> [Accessed 24 May 2016].
- Herjadi, D., Suprpto, S. dan N. (2010) *Upaya Mengurangi Penggunaan Solar Pada PLTD dengan Memanfaatkan Gas Batubara*. M & E Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara, Volume Vol. 8, No. 3, pp. 4 - 18.
- Putra, R. C., Gandidi, I. M. dan Burhanuddin, H. (2013) *Perancangan, Pembuatan, dan Pengujian Pembangkit Listrik Energi Biomassa*. Jurnal FEMA Universitas Lampung, Volume Vol. 1, No. 2., pp. 50 - 64.
- Susanto, R., Vanany, I. dan Utomo, C. (2014) *Studi Kelayakan Finansial dengan Mempertimbangkan Kelangsungan Bahan Baku Khususnya Sekam Padi Pada Pengembangan Proyek Biomass Power Plant (Studi Kasus di Lombok - NTB)*. Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XXI Prodi MMT ITS, pp. A.41.1 - A.41.7.