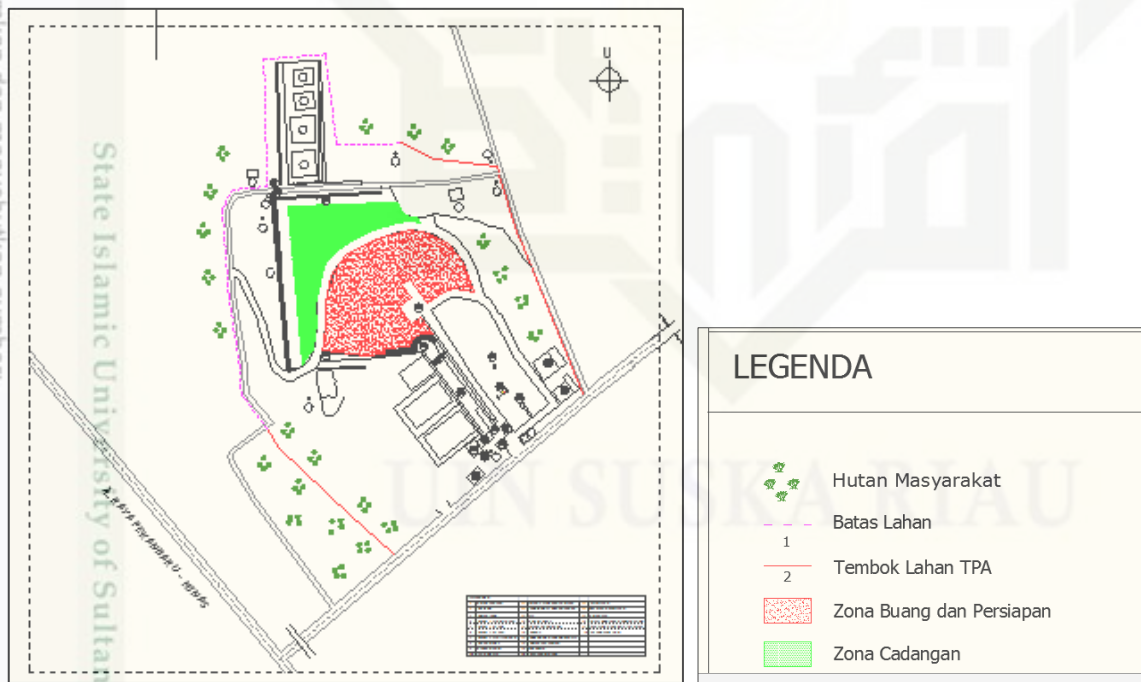


BAB IV ANALISA DAN HASIL

4.1 Gambaran Umum TPA Muara Fajar

TPA Muara Fajar Kota Pekanbaru merupakan Tempat Pembuangan Akhir Sampah untuk seluruh daerah di Pekanbaru yang sebelumnya ditampung di pembuangan sampah sementara (TPS). Lokasi TPA Kota Pekanbaru terletak di Kelurahan Muara Fajar, Kecamatan Rumbai Pesisir yang berjarak lebih kurang 18,5 Km dari pusat Kota Pekanbaru dan kurang lebih 1,2 Km dari Kelurahan Muara Fajar serta sekitar 200-300m dari rumah penduduk (RW.11) dan berdasarkan jarak pemukiman terkena dampak TPA yang telah dijelaskan pada bab 3 dari PERMEM PU No 12 tahun 2012 ialah pada radius 1000m yaitu terdapat 138 Kepala Keluarga. TPA ini mempunyai luas keseluruhan 8,6 Ha. TPA ini mulai beroperasi pada tahun 1984 dan direncanakan umur operasi hingga tahun 2019 dan akan diremajakan kembali dengan luas lahan sebesar 10 Ha yang berlokasi tidak jauh dari TPA yang lama (DKP Pekanbaru, 2017).



Gambar 4.1 Denah TPA Muara Fajar Kota Pekanbaru
(Sumber: DKP Pekanbaru, 2017)

4.1.1 Jumlah Sampah TPA Muara Fajar

Besarnya jumlah pasokan sampah yang ada di kota Pekanbaru, TPA Muara Fajar menghasilkan sampah dengan rata-rata pada tahun 2016 setiap harinya sebesar 332,54 ton/hari. Banyaknya sampah yang dihasilkan TPA Muara Fajar antara lain dipengaruhi oleh beberapa jenis sampah, terutama jenis sampah plastik, sampah basah/sampah organik sisa makanan dan sampah kertas dan karton. Jumlah timbulan sampah yang dihasilkan di TPA Muara Fajar Kota Pekanbaru selama periode tahun 2010-2016 dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut:

Tabel 4.1 Jumlah Timbunan Sampah di TPA Muara Fajar

Tahun	TIMBULAN SAMPAH			
	Total		Rata-Rata	
	Kg	Ton	Kg/hari	Ton/hari
2010	53.485.550	53.485,55	146.535,75	146,54
2011	78.773.280	78.773,28	215.817,21	215,82
2012	79.579.470	79.579,47	217.430,25	217,43
2013	133.500.260	133.500,26	365.754,14	365,75
2014	144.532.700	144.532,70	395.980,00	395,98
2015	148.819.753	148.819,75	407.725,35	407,73
2016	121.707.837	121.707,84	332.535,07	332,54

Sumber: DKP Pekanbaru (2017)

Berdasarkan data pada tabel 4.1 jumlah sampah yang dihasilkan di TPA Kota Pekanbaru pada tahun 2010 hingga 2016 mengalami pertumbuhan dengan rata-rata 26,57 ton/hari atau sekitar 2,6% perhari. Jumlah timbulan sampah yang dihasilkan dapat di prediksi hingga ke lima (5) tahun kemudian (tahun awal operasi) dengan menggunakan persamaan geometrika pada persamaan 2.1 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 P_x (2021) &= P_a (1+r)^x \\
 &= 332,54 (1+0,026)^5 \\
 &= 332,54 (1,026)^5 \\
 &= 378,07 \text{ ton/hari}
 \end{aligned}$$

Pada penelitian ini di asumsikan untuk dilakukan perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA) pada tahun 2022, sehingga didapatkan potensi sampah di TPA Muara Fajar Kota Pekanbaru sebesar 378,07 ton/hari. Dengan komposisi sampah anorganik sebesar 44%, maka jumlah potensi sampah anorganik yang dapat dijadikan bahan baku utama PLTBG ialah sebesar 166,35 ton/hari.

4.2 Analisa Aspek Teknis

4.2.1 *Sizing of The Engine*

Pada perancangan mesin gas untuk PLTSA data-data yang perlukan adalah jumlah timbunan sampah di TPA Muara Fajar, Nilai *Proximate* dan *Ultimate* dari kandungan sampah kota atau (MSW) dan komposisi kandungan *Syngas* pada MSW nilai-nilai tersebut ditampilkan pada tabel-tabel berikut:

Tabel 4.2 Analisa *Proximate* Sampah di Kecamatan Tampan Pekanbaru

Parameter	Hasil Pengujian Lab (Rata-rata)
Proximate Analysis	
Moisture in Analysis	25,7
Volatile Matter	54,7
Fixed Carbon	10
Ash	9,6

(Sumber: Sari Siti Dkk, 2015)

Nilai analisa ultimate didapat dengan perhitungan persamaan berikut:

- a Menghitung persentase dari *Fixed Carbon on a dry, mineral-matter free basis*:

$$DMMFFC = \frac{FC}{FC+VOL} \times 100\%$$

$$DMMFFC = \frac{10}{10+54,7} \times 100\%$$

$$DMMFFC = \frac{10}{64,7} \times 100\%$$

$$DMMFFC = 0,154 \times 100\%$$

$$DMMFFC = 15,45\%$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- b Menghitung persentase dari *Volatile Matter on a dry, mineral-matter free basis* :

$$DMMFVOL = \frac{VOL}{FC + VOL} \times 100\%$$

$$DMMFVOL = \frac{54.7}{10 + 54.7} \times 100\%$$

$$DMMFVOL = \frac{54.7}{64.7} \times 100\%$$

$$DMMFVOL = 0,84 \times 100\%$$

$$DMMFVOL = 84\%$$

- c Menghitung Persentase *Carbon*

$$C = \frac{[(DMMFFC + 0,9 (DMMFVOL - 14))x (VOL + FC)]}{100}$$

$$C = \frac{[(15,4 + 0,9 (84 - 14))x (54,7 + 10)]}{100}$$

$$C = \frac{[(15,4 + 63)x (64,7)]}{100}$$

$$C = \frac{[(78,4)x (64,7)]}{100}$$

$$C = \frac{5072,48}{100}$$

$$C = 50,72\%$$

- d Menghitung Persentase Nitrogen

$$N = \frac{[(2,1 - 0,012 x DMMFVOL) x (VOL + FC)]}{100}$$

$$N = \frac{[(2,1 - 0,012 x 84) x (54,7 + 10)]}{100}$$

$$N = \frac{[(1,092) x (64,7)]}{100}$$

$$N = \frac{70,65}{100}$$

$$N = 0,71 \%$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

e Menghitung Persentase Hidrogen

$$H = \frac{\left[\left(\left(\frac{DMMFVOL \times 7,35}{DMMVOL + 10} \right) - 0,013 \right) \times (VOL + FC) \right]}{100}$$

$$H = \frac{\left[\left(\left(\frac{84 \times 7,35}{84 + 10} \right) - 0,013 \right) \times (54,7 + 10) \right]}{100}$$

$$H = \frac{\left[\left(\left(\frac{617,4}{94} \right) - 0,013 \right) \times (64,7) \right]}{100}$$

$$H = \frac{[(6,56 - 0,013) \times (64,7)]}{100}$$

$$H = \frac{[(6,56 - 0,013) \times (64,7)]}{100}$$

$$H = \frac{[(6,547) \times (64,7)]}{100}$$

$$H = \frac{423,59}{100}$$

$$H = 4,23\%$$

f Menghitung Persentase dari Oksigen

$$O = 100 - S - H - C - \text{Moisture} - N$$

$$O = 100 - 0 - 4,23 - 50,72 - 25,7 - 0,71$$

$$O = 18,64 \%$$

Tabel 4.3 Nilai *Ultimate* Sampah

Parameter	Hasil Perhitungan (%)
<i>Ultimate Analysis</i>	
Carbon (C)	50,72
Hidrogen (H)	4,23
Nitrogen (N)	0,71
Oksigen (O)	18,64

Dari nilai analisa proximate yang dipaparkan dari data sekunder dapat dicari kandungan ultimate pada sampah, dengan nilai karbon (C) sebesar 50,72%, hidrogen (H) sebesar 4,23%, Nitrogen (N) sebesar 0,71 dan oksigen (O) sebesar 18,64%

Tabel. 4.4 *Standard Komposisi Syngas*

Parameter	Nilai
Tipe Reaktor	Downdraft
Temperatur Gasifikasi	850-950 °C
CO	12-18 %
H ₂	15-25 %
CO ₂	11- 16 %
CH ₄	1- 4 %

(Sumber : *Development Enviroenergy Services*, 2016)

Penggunaan data syngas berdasarkan standar yang ada di karenakan pemanfaatan sampah sebagai pembangkit listrik hanya terbatas pada teknologi pembakaran langsung yang hanya memerlukan data analisa *ultimate* dan *proximate*. pembahasan mengenai gasifikasi belum terlalu banyak menyebabkan tidak ada data lengkap mengenai analisa proximate, ultimate dan komposisi *syngas* pada sampah serta tidak memungkinkan bagi peneliti meneliti langsung data-data tersebut disebabkan kurangnya ilmu pengetahuan mengenai pembahasan tersebut maka peneliti memakai data dari penelitian sebelumnya.

Tabel 4.5 Spesifikasi dari *gas engine* TCG 2020 V16

Bore / stroke	mm	170/195
Displacement	dm ³	70,8
Speed	min-1	1500
Mean piston speed	m/s	09.08
Length	Mm	5430
Width	Mm	1810
Height	Mm	2210
Dry weight genset	Kg	13300
Electrical power	kW	1560
Mean effective pressure	Bar	18,1
Thermal output	kW	1577
Electrical efficiency	%	42,6
Thermal efficiency	%	43,1
Total efficiency	%	85,7

(Sumber MWM, 2017)

Pemilihan *gas engine* dengan ouput 1500kW dikarenakan pada penelitian ini menggunakan tipe gasifier *Downdraft* dengan *Range Output* 10kW – 2 MW. Range output dari teknologi gasifier dapat dilihat dari gambar 3.1

a. *Low Heating Value Gas*

$$LHV_{gas} = 11.2[H_2] + 13.1[CO] + 37.1[CH_4] + 83.8[C_n H_m]$$

$$LHV_{gas} = 11.2[0,25] + 13.1[0,18] + 37.1[0,04] + 83,8[0]$$

$$LHV_{gas} = 2.8 + 2.358 + 1.484 + 0$$

$$LHV_{gas} = 6.642 \text{ MJ/Nm}^3$$

b. *Maximum air-producer gas intake*

$$V_{ag} = \frac{1}{2} \times r \times \text{Deg}/60$$

$$V_{ag} = \frac{1}{2} \times 1500 \times 0,0708/60$$

$$V_{ag} = 0,885 \text{ m}^3/\text{s}$$

c. *Maximum Real Producer Gas Intake*

$$V^{n}_{ge} = (1.0 / 2.1) \times V_{ag}$$

$$V^{n}_{ge} = 0,476 \times 0,885 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V^{n}_{ge} = 0,421 \text{ m}^3/\text{s}$$

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

d. *Real Produce Gas Intake*

$$V'_{ge} = V^n_{ge} \times f_e$$

$$V'_{ge} = 0,421 \text{ m}^3/\text{s} \times 0,8$$

$$V'_{ge} = 0,337 \text{ m}^3/\text{s}$$

e. *Normal Volume Rate of Producer Gas*

$$V_{ge} = V'_{ge} \times T_{ge}/T'_{ge}$$

$$V_{ge} = 0,337 \times 304,1 / 298$$

$$V_{ge} = 0,337 \times 1,02$$

$$V_{ge} = 0,343 \text{ Nm}^3/\text{s}$$

f. *Thermal Power*

$$P_g = V_{ge} \times \text{LHV}_{\text{gas}}$$

$$P_g = 0,343 \text{ Nm}^3/\text{s} \times 6,642 \text{ MJ}/\text{Nm}^3$$

$$P_g = 2,27 \text{ MJ} = 2270000 \text{ J/s}$$

$$P_g = 2270 \text{ kW}$$

g. *The Maximum Mechanical Output*

$$P_m = P_g \times \eta_m$$

$$= 2270 \times 0,431$$

$$= 978,37 \text{ kW}$$

h. *The Maximum Electrical Output*

$$P_e = P_m \times \eta_e$$

$$P_e = 978,37 \text{ kW} \times 0,426$$

$$P_e = 416,78 \text{ kW}$$

Tabel 4.6 Parameter Perhitungan Kapasitas Mesin

No	Parameter Perhitungan Kapasitas Mesin	Simbol	Nilai	Satuan
1	<i>Low Heating Value Gas</i>		6,642	MJ/Nm ³
2	<i>Maximum air-producer gas intake</i>	V _{ag}	0,885	m ³ /s
3	<i>Maximum Real Producer Gas Intake</i>	V ⁿ _{ge}	0,421	m ³ /s
4	<i>Real Produce Gas Intake</i>	V' _{ge}	0,337	m ³ /s

5	<i>Normal Volume Rate of Producer Gas</i>	V_{ge}	0,343	Nm^3/s
6	<i>Termal Power</i>	P_g	2270	kW
7	<i>The Maximum Mechanical Output</i>	P_m	978,37	kW
8	<i>The Maximum Electrical Output</i>	P_e	416,78	kW

Dari tabel 4.6 dapat disimpulkan bahwa dengan *gas engine* TCG 2020 V16 dan LHV gas 6,642 MJ/Nm³ potensi *thermal power* yang dihasilkan sebesar 2270 kW dan energi listrik maksimal yang dapat dibangkitkan ialah sebesar 416,78 kW.

4.2.2 Sizing of The Gasifier

Pemilihan teknologi *gasifier* berdasarkan kelebihan dan kelemahan yang ada pada tabel 2.1, maka pada penelitian ini jenis *gasifier* yang digunakan yaitu *gasifier downdraft* karena pada jenis *gasifier* ini merupakan pilihan terbaik dalam penguasaan *gas engine*

Jenis *gasifier downdraft* sendiri memiliki *range output* energi sebesar 10 kW- 2 MW serta arah aliran udara dan bahan baku menuju ke bawah. Gasifikasi jenis ini menghasilkan tar yang lebih rendah dibandingkan jenis *updraft*. Hal ini dikarenakan tar hasil pirolisis terbawa bersama gas dan kemudian masuk ke daerah gasifikasi dan pembakaran yang memiliki temperatur tinggi. Pada daerah gasifikasi dan pembakaran inilah, tar kemudian akan terurai. Hasil gas dari gasifikasi sistem *downdraft* ini setelah disaring dan didinginkan dapat langsung dimasukkan ke dalam mesin pembakaran dalam ataupun ditampung dalam suatu wadah untuk diuji atau dianalisis kandungan komposisinya. (Ardianto, 2011), berikut gambar dari range output *gasifier* menurut jenisnya.

- a. *Thermal Power Consumption (Full Load)*

$$\begin{aligned}
 P_g' &= P_g / \eta_g \\
 &= 2270 \text{ kW} / 0.7 \\
 &= 3242,85 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

b. Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber;

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Menghitung HHV

$$HHV = \frac{33950 C + 144200 \left(H - \frac{0}{8} \right) + 9400 S}{100}$$

$$HHV = \frac{33950 (50,72) + 144200 \left(4,23 - \frac{18,64}{8} \right) + 9400 (0)}{100}$$

$$HHV = \frac{1721944 + 144200(1,9) + 9400 (0)}{100}$$

$$HHV = \frac{1721944 + 273980 + 0}{100}$$

$$HHV = \frac{1995924}{100}$$

$$HHV = 19959,24 \text{ kJ/kg}$$

c.

Menghitung LHV

$$LHV = HHV - \frac{2400(m + 9 \times H)}{100}$$

$$LHV = 19959,24 - \frac{2400(25,7 + 9 \times 4,23)}{100}$$

$$LHV = 19959,24 - \frac{2400(63,77)}{100}$$

$$LHV = 19959,24 - 1530,48$$

$$LHV = 18428,76 \text{ kJ/kg}$$

d.

Biomass Consumption

$$\begin{aligned} m_g &= P_g' / LHV_{msw} \\ &= 3242,85 \text{ kW} / 18428,76 \\ &= 0,176 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

e.

Specific Fuel Consumption

$$\begin{aligned} sfc &= m_g / P_e \\ &= 0,176 \times 3600 / 416,78 \\ &= 626,4 / 416,78 \\ &= 1,52 \text{ kg / kWh} \end{aligned}$$

f. Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Mass flow of MSW
 $m_t = \text{mass of MSW} / t$
 $= 166350 / 24$
 $= 6931.25 \text{ kg} / \text{h}$
 $= 1,92 \text{ kg} / \text{s}$

Total Number of Gasifier
 $n_g = m_t / m_g$
 $= 1,92 / 0,176$
 $= 10,90 = 11 \text{ gasifier}$

Gas Production From Gasifier
 $V_{gg} = V_{ge'} \times T_{gg} / T_{ge'}$
 $= 0,337 \times 1173 / 298$
 $= 395,30 / 298$
 $= 1,32 \text{ Nm}^3 / \text{s}$

T_{gg} bernilai 1173 K dikarenakan pada producer gas yang terbentuk di tahap reduksi memiliki suhu antara 400-900° C berarti 900 + 273 = 1173

Cross Sectional Area
 $A_h = V_{gg} / b_h$
 $= 1,32 \times 3600 / 9000$
 $= 4752 / 9000$
 $= 0.528 \text{ m}^2$

Diameter of air inlet
 $d_t = \sqrt{4Ah/\pi}$
 $= \sqrt{4 \times 0.528 / 3.14}$
 $= \sqrt{2,11 / 3.14}$
 $= \sqrt{0.67}$
 $= 0,818 \text{ m} = 818 \text{ mm}$

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

k. Tinggi dari Nozzle plane

$$\begin{aligned} h &= 0.48dt \\ &= 0.48 \times 818 \\ &= 392,64 \text{ mm} = 39,26 \text{ cm} \end{aligned}$$

l. diameter of fire box

$$\begin{aligned} d_r &= 2.1d_t \\ &= 2.1 \times 818 \\ &= 1717,8 \text{ mm} = 1,71 \text{ m} \end{aligned}$$

m. Nozzle diameter

$$\begin{aligned} 1.7 &= (100 \times 5 \times 0.25 \times \pi \times d_n^2) / (0.25 \times \pi \times d_t^2) \\ &= (100 \times 5 \times d_n^2) / (818^2) \\ &= (500 \times d_n^2) / (669124) \\ d_n^2 &= 669124 \times 4,7 / 500 \\ &= 6289,76 \\ d_n &= \sqrt{6289,76} \\ &= 79,3 \text{ mm} \end{aligned}$$

k. Specific Gasification Rate

$$\begin{aligned} SGR &= m_g A_h \\ &= 0,176 \times 3600 / 0,52 \\ &= 633,6 / 0,52 \\ &= 1218,46 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan diameter dan tinggi pada gasifier dilakukan dengan pendekatan terhadap *Project* gasifier yang telah berjalan, pada *project* tersebut dari nilai *Biomass consumption* sebesar 11,2 ton/hari dapat ditampung menggunakan gasifier berdimensi 20ft untuk diameter dan 12ft untuk tinggi. Sedangkan hasil perhitungan dari penelitian ini menghasilkan *Biomass consumption* bernilai 15.2 ton/hari bernilai 1.35 kali besar dari *Project* yang telah berjalan (NREL. 2012), maka Diameter dan tinggi dari gasifier ialah sebagai berikut:

1. Diameter Gasifier

$$D = 1,35 \times 20 \text{ ft}$$

$$= 27 \text{ ft} = 8,2 \text{ meter}$$

m. Tinggi Gasifier

$$= 1.35 \times 12.1 \text{ ft}$$

$$= 16.33 \text{ ft} = 4,97 \text{ meter}$$

Tabel 4.7 Parameter Dalam Perancangan Reaktor

No	Parameter Perancangan Gasifier	Simbol	Nilai	Satuan
1	<i>Thermal Power Consumption (Full Load)</i>	P_g'	3242,85	kW
2	<i>LHV (Low Heating Value)</i>		18428,76	kJ/kg
3	<i>Biomass Consumption</i>	m_g	0,176	kg/s
4	<i>Specific Fuel Consumption</i>	sfc	1,52	kg/kWh
5	<i>Mass flow of MSW</i>	m_t	1,92	kg/s
6	<i>Gas Production From Gasifier</i>	V_{gg}	1,32	Nm ³ /s
7	<i>Specific Gasification Rate</i>	SGR	1218,46	kg/h m ²

Tabel 4.8 Dimensi Rancangan Gasifier

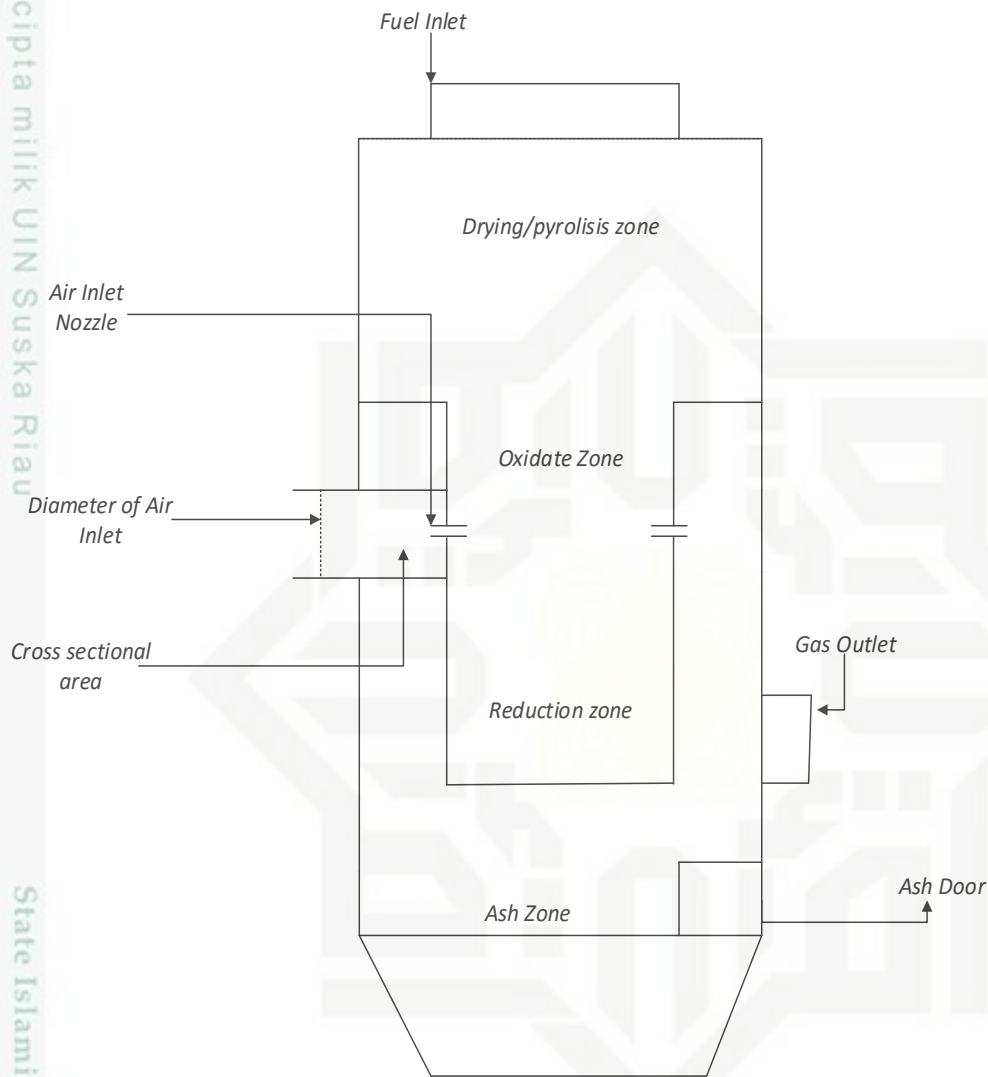
No	Dimensi Rancangan Gasifier	Simbol	Nilai	Satuan
1	<i>Total Number of Gasifier</i>	n_g	11	
2	<i>Cross Sectional Area</i>	A_h	0.528	m ²
3	<i>Diameter of air inlet</i>	d_t	818	mm
4	<i>Tinggi dari Nozzle plane</i>	h	40	cm
5	<i>diameter of fire box</i>	d_r	1,71	m
6	<i>Nozzle diameter</i>	d_n	79,3	mm
7	Diameter Gasifier	D	4,97	m
8	Tinggi Gasifier	H	8,2	m

Dari tabel 4.7 dan 4.8 dapat disimpulkan dari nilai LHV sebesar 18428,76 kJ/kg dan *biomass consumption* 0,179 kg/s yang artinya gasifier dapat memproses pembakaran sebanyak 633,6 kg/jam sampah apabila sebuah reaktor beroperasi selama 24 jam maka total sampah yang diproses berjumlah 15,206.4 kg/hari dengan jumlah sampah di Pekanbaru yang ingin diproses berjumlah 166,350 ton/hari maka gasifier yang diperlukan

berjumlah 11 unit dengan dimensi gasifier diameter bernilai 4,97 m dan tinggi 8,2 m dan sketsa gasifier dapat dilihat pada 4.1

Hak cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 4.2 Sketsa Gasifier

4.2.3 Sizing of Gas Cleaning System

4.2.3.1 Cyclone

- a. Volume Flow Rate

$$\begin{aligned}
 V_c' &= V_{ge}' \times T_c' / T_{ge}' \\
 &= 0,337 \times 1023 / 298 \\
 &= 1,15 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

Tc sebesar 1023 dikarenakan suhu dari proses reduksi sebesar 400-900°C maka Tc di estimasikan merupakan mean dari 400-900°C yaitu sebesar 750 °C atau 1023 K

- b.
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Gas Velocity

$$\begin{aligned}
 V_{gd} &= 4V_c' / \pi D_p^2 \\
 &= 4 \times 1,15 / 3,14 \times 0,15^2 \\
 &= 4,6 / 0,070 \\
 &= 65,7 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

Diameter pipa sebesar 0,15 m dikarenakan berdasarkan rekomendasi untuk densitas dengan kepadatan sedang (Reed and Das. 1988)

Desain cyclone

$$\begin{aligned}
 Bc &= Dc / 4 \\
 15 &= Dc / 4 \\
 Dc &= 15 \times 4 \\
 &= 60 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Nilai *cyclone inlet* Bc sama dengan diameter pipa gas (Reed and Das. 1988)

$De = Dc / 2$	$Sc = Dc / 8$
$= 60 / 2$	$= 60 / 8$
$= 30 \text{ cm}$	$= 7,5 \text{ cm}$
$Hc = Dc / 2$	$Zc = 2Dc$
$= 60 / 2$	$= 2 \times 60$
$= 30 \text{ cm}$	$= 120 \text{ cm}$
$Lc = 2Dc$	$Jc = Dc / 4$
$= 2 \times 60$	$= 60 / 4$
$= 120 \text{ cm}$	$= 15 \text{ cm}$

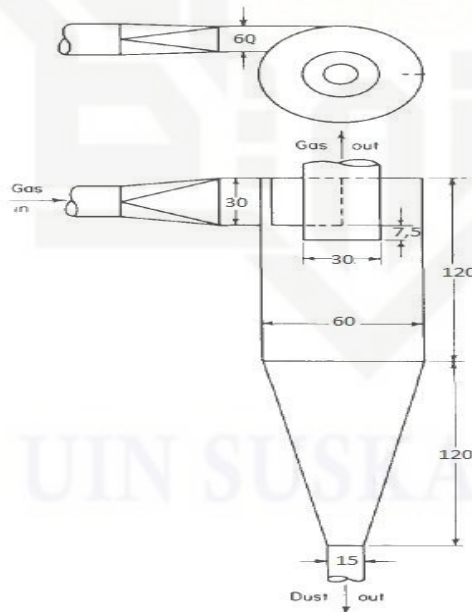
Cyclone Inlet Velocity

$$\begin{aligned}
 V_{ic} &= V_c' / Bc \times Hc \\
 &= 1,15 / 0,15 \times 0,3 \\
 &= 1,15 / 0,045 \\
 &= 25,5 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.9 Dimensi Ukuran Perancangan *Cyclone*

No	Dimensi Ukuran Perancangan <i>Cyclone</i>	Simbol	Nilai	Satuan
1	<i>Volume Flow Rate</i>	V_c'	1,14	m^3/s
2	<i>Gas Velocity</i>	V_{gd}	65,1	m/s
3	Diameter inlet cyclone	Bc	15	cm
4	Diameter gas outlet	De	30	cm
5	Tinggi dari inlet cyclone	Hc	30	cm
6	Tinggi cyclone	Lc	120	cm
7	Tinggi antara gas inlet dan outlet	Sc	7,5	cm
8	Tinggi cyclone	Zc	120	cm
9	Diameter outlet dust	Je	15	cm
10	<i>Cyclone Inlet Velocity</i>	V_{ic}	28,8	m/s

Pada tabel 4.9 hasil dari perancangan cyclone didapat nilai Volume flow rate sebesar $1,14 m^3/s$, gas velocity sebesar sebesar $65,1 m/s$ dan cyclone inlet velocity sebesar $28,8 m/s$ serta didapat juga ukuran dari cyclone yang dapat dilihat pada gambar 6.2 berikut



Gambar 4.3 *High-efficiency cyclone proportion* (Reed and Das,1988)

4.3.3.2 Sizing of Venturi Scrubber

a. *Gas Flow Rate at the Inlet of the Venturi Scrubber*

$$\begin{aligned}
 V_{s'} &= V_c' T_{s'} / T_c' \\
 &= 1,15 \times 473 / 1023 \\
 &= 543,95 / 1023 \\
 &= 0,53 \text{ m}^3 / \text{s}
 \end{aligned}$$

b. *Gas Flow Rate at the Outlet of the Venturi Scrubber*

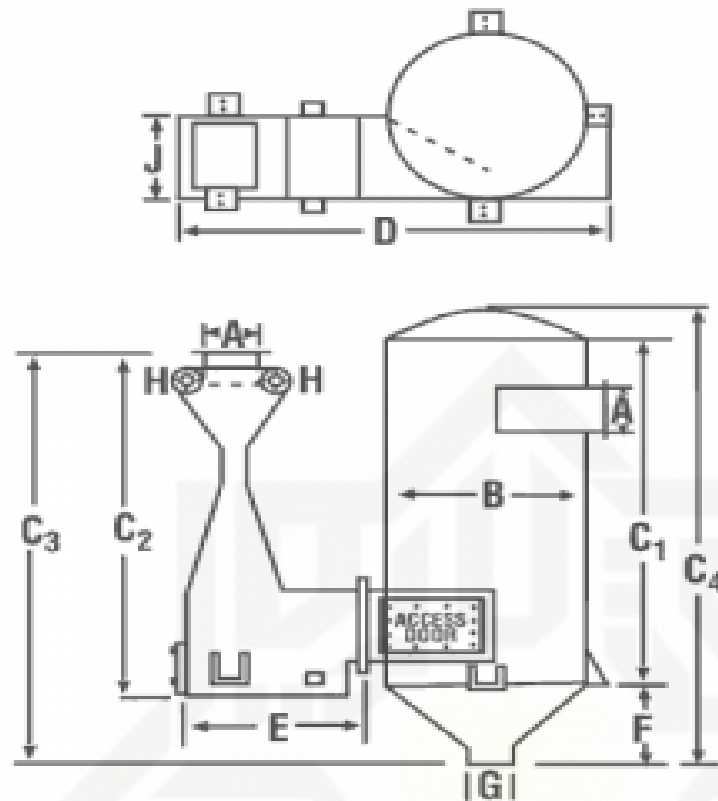
$$\begin{aligned}
 V_s &= V_{s'} \times f_v \\
 &= 0,53 \times 0,775 \\
 &= 0,41 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.10 Dimensi scrubber

Nilai Kapasitas	1908 / 1476	m ³ / h
<i>Inlet X Outlet</i>	13 x 13	
<i>Separation diameter B</i>	1,118	m
<i>Separation C₁</i>	1,981	m
<i>Vent C₂</i>	2,002	m
Tinggi keseluruhan Vent C ₃	2,189	m
Tinggi keseluruhan C ₄	2,387	m
Lebar keseluruhan D	2,019	m
Lebar dari venturi E	0,711	m
<i>Separation cone F</i>	0,394	m
Pipa hisap G	0,076	m
Pipa air H	0,050	m
<i>Venturi depth J</i>	0,431	m

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 4.4 Schematic drawing of the scrubber (Sly.,Inc 1988)

Dari hasil perhitungan inlet yang bernilai $1908 \text{ m}^3/\text{h}$ dan outlet yang bernilai $1476 \text{ m}^3/\text{h}$ ukuran dari venturi scrubber dapat dilihat pada tabel 4.10 dan gambar skematis dari venturi scrubber dapat dilihat pada gambar 6.3

4.2.3.3 Sizing The Pump of Venturi Scrubber

Nilai D_i dan L ditetapkan berdasarkan dari dimensi dari scrubber (Kivumbi, 2015)

- a. Water Flow Rate

$$\begin{aligned}
 Q_L &= 6.7 \times V_s' \\
 &= 6,7 \times 0,53 \\
 &= 3,55 \text{ l/s} = 0,0035 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

- b. Water Velocity

$$\begin{aligned}
 V_w &= 4Q_L / \pi d_i^2 \\
 &= 4 \times 0,0035 / 3,14 \times 0,05^2 \\
 &= 0,014 / 0,00785 \\
 &= 1,78 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

c. Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Density dari air

$$\begin{aligned} \rho_w &= 741.966 + 1.9613 \times T - 0.00371211 \times T^2 \\ &= 741966 + 1,9613 \times 298 - 0,00371211 \times 298^2 \\ &= 1326,4334 - 329,6502 \\ &= 976,78 \end{aligned}$$

d. Kinematic Velocity

$$\begin{aligned} v &= 10^{[-13,73 + 1830/T + 1.9613 \times T - 0.00371211 \times T^2]} \\ &= 10^{[-13,73 + 1830/298 + 1.9613 \times 298 - 0.00371211 \times 298^2]} \\ &= 10^{[-13,73 + 6,14 + 5,8 - 1,3]} \\ &= 10^{[-3]} \\ &= 1,001 \text{ m}^2/\text{s} \end{aligned}$$

e. Bilangan Reynolds

$$\begin{aligned} Re &= d_i V_w v \\ &= 0,05 \times 1,78 / 0,001 \\ &= 0,089 / 0,001 \\ &= 89 \end{aligned}$$

f. Friction Factor

$$\begin{aligned} f &= 64 / Re \\ &= 64 / 85 \\ &= 0,71 \end{aligned}$$

g. Frictional Pressure Drop

$$\begin{aligned} \Delta P_{ff} &= f \times L / d_i \times \rho_w V_w^2 / 2 \\ &= 0,71 \times 5 / 0,05 \times 976,78 \times 1,78^2 / 2 \\ &= 71 \times 976,78 \times 3,16 / 2 \\ &= 219150,36 / 2 \\ &= 109575,18 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

h. Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Pump Power

$$\begin{aligned}
 P_{Pump} &= Q_L \times \Delta P_{ff} / \eta_p \\
 &= 0,0035 \times 109575,18 / 0,5 \\
 &= 383,51 / 0,5 \\
 &= 767,02 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

4.2.3.4 Sizing Of Fine Filter

Untuk R_T pada gas ditetapkan memiliki nilai 10s dengan B_H bernilai 50cm (Mandwe et al, 2006)

a Velocity Dari Gas Pada Fine Filter

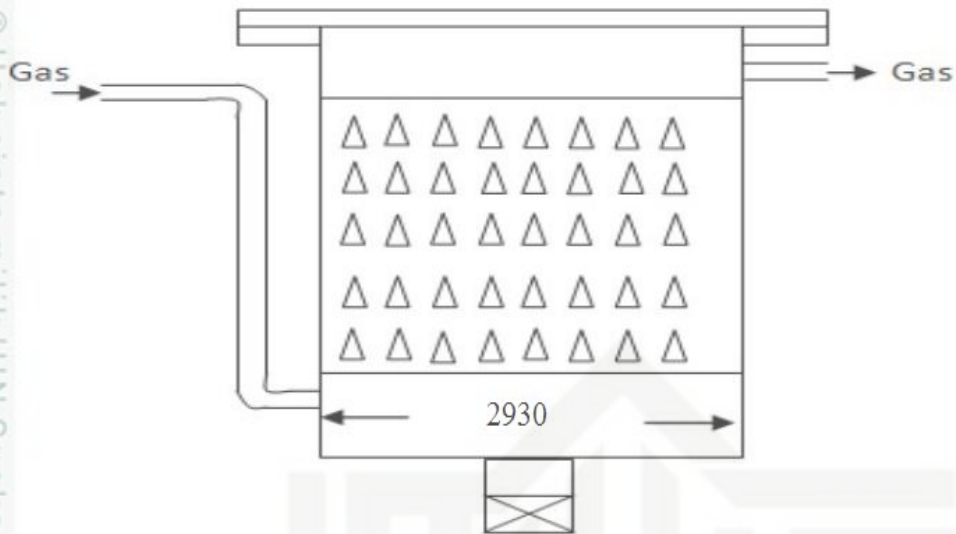
$$\begin{aligned}
 V_{gf} &= B_H / R_T \\
 &= 10 / 50 \\
 &= 0,05 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

b Diameter Of Filter

$$\begin{aligned}
 D_f &= \sqrt{V'_{ge} / V_{gf} \times \pi / 4} \\
 &= \sqrt{0,337 / 0,05 \times \pi / 4} \\
 &= \sqrt{0,337 / 0,039} \\
 &= \sqrt{8,64} \\
 &= 2,93 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Nilai velocity gas pada fine filter bernilai 0,05 m/s memerlukan diameter dari fine filter sebesar 2,93m sketsa dari fine filter dapat dilihat pada gambar 4.4

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 4.5 sketsa dari *Fine Filter* (Kivumbi, 2015)

4.2.3.5 Sizing Of Bag House

V_f bernilai 3 cm dan D_{cb} bernilai 30,48 menurut (Kivumbi, 2015)

a. *Gross Cloth Area*

$$\begin{aligned}
 A_c &= V'_{ge} / V_f \\
 &= 0,337 \text{ m}^3/\text{s} / 3 \text{ cm} \\
 &= 337000 \text{ cm}^3/\text{s} / 3 \text{ cm} \\
 &= 112333 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

b. *The bag Height*

$$\begin{aligned}
 H_{cb} &= A_c / \pi D_{cb} \\
 &= 112333 \text{ cm}^2 / 3,14 \times 30,48 \text{ cm} \\
 &= 112,333 \text{ cm}^2 / 95,7 \text{ cm} \\
 &= 1173,80 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

4.2.4. Hasil Perhitungan Aspek Teknis

Rangkuman dari perhitungan analisa dari aspek teknis Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA) dari sampah anorganik di Kota Pekanbaru dapat dilihat pada tabel 4.11 dan 4.12

Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Analisa Teknis

No	Deskripsi	Simbol	Hasil	Satuan
Sizing Of Engine				
1	<i>Low Heating Value Gas</i>		6,642	MJ/Nm ³
2	<i>Maximum air-producer gas intake</i>	V _{ag}	0,885	m ³ /s
3	<i>Maximum Real Producer Gas Intake</i>	V ⁿ _{ge}	0,421	m ³ /s
4	<i>Real Produce Gas Intake</i>	V ^g _{ge}	0,337	m ³ /s
5	<i>Normal Volume Rate of Producer Gas</i>	V _{ge}	0,343	Nm ³ /s
6	<i>Termal Power</i>	P _g	2270	kW
7	<i>The Maximum Mechanical Output</i>	P _m	978,37	kW
8	<i>The Maximum Electrical Output</i>	P _e	416,78	kW
Sizing of Gasifier				
8	<i>Thermal Power Consumption (Full Load)</i>	P _g '	3242,85	kW
9	<i>LHV (Low Heating Value)</i>		18428,76	kJ/kg
10	<i>Biomass Consumption</i>	m _g	0,176	kg/s
11	<i>Specific Fuel Consumption</i>	sfc	1,52	kg/kWh
12	<i>Mass flow of MSW</i>	m _t	1,92	kg/s
13	<i>Gas Production From Gasifier</i>	V _{gg}	1,32	Nm ³ /s
14	<i>Specific Gasification Rate</i>	SGR	1218,46	kg/h m ²
15	<i>Total Number of Gasifier</i>	n _g	11	
16	<i>Cross Sectional Area</i>	A _h	0,528	m ²
17	<i>Diameter of air inlet</i>	d _t	818	mm
18	<i>Tinggi dari Nozzle plane</i>	H	40	cm
19	<i>diameter of fire box</i>	d _r	1,71	m
20	<i>Nozzle diameter</i>	d _n	79,3	mm
22	<i>Diameter Gasifier</i>	D	4,97	m
23		H	8,2	m
Sizing of Gas Cleaning System (Cyclone)				
24	<i>Volume Flow Rate</i>	V _c '	Nilai	Satuan
25	<i>Gas Velocity</i>	V _{gd}	1,14	m ³ /s

1. Ditaring merupakn solugun, atau seluruh karya tulis di tanpa menaruhnkan dan melnyerukan simbol.
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

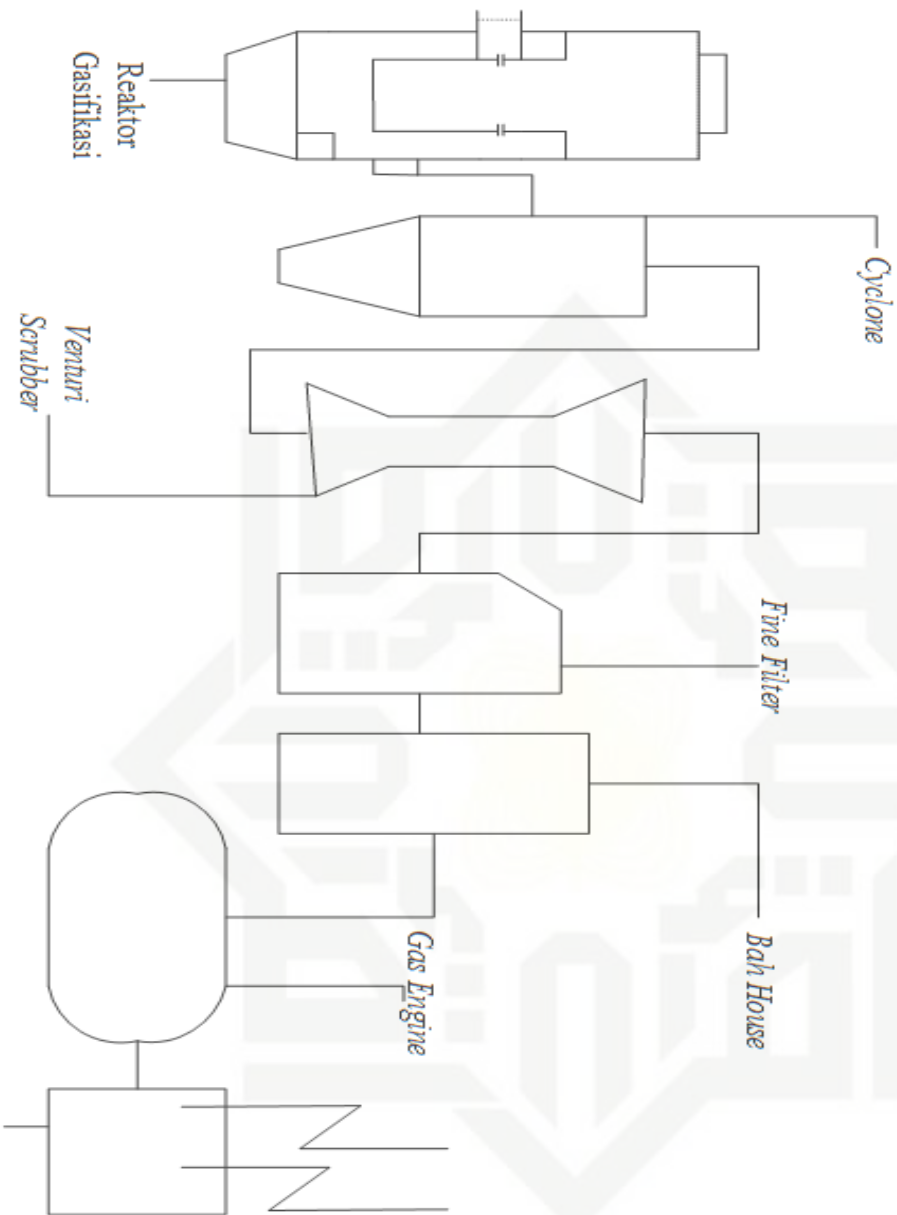
26	Diameter inlet cyclone	Bc	65,1	m/s
27	Diameter gas outlet	De	15	cm
28	Tinggi dari inlet cyclone	Hc	30	cm
29	Tinggi cyclone	Lc	30	cm
30	Tinggi antara gas inlet dan outlet	Sc	120	cm
31	Tinggi cyclone	Zc	7,5	cm
32	Diameter outlet dust	Je	120	cm
33	<i>Cyclone Inlet Velocity</i>	V_{ic}	15	cm
Sizing of Gas Cleaning System (Venturi Scrubber)				
34	Nilai Kapasitas		1908 / 1476	m ³ / h
35	<i>Inlet X Outlet</i>		13 x 13	
36	<i>Separation diameter</i>	B	1,118	m
37	<i>Separation</i>	C ₁	1,981	m
38	<i>Vent</i>	C ₂	2,002	m
39	Tinggi keseluruhan Vent	C ₃	2,189	m
40	Tinggi keseluruhan	C ₄	2,387	m
41	Lebar keseluruhan	D	2,019	m
42	Lebar dari venturi	E	0,711	m
43	<i>Separation cone</i>	F	0,394	m
44	Pipa hisap	G	0,076	m
45	Pipa air	H	0,050	m
46	<i>Venturi depth</i>	J	0,431	m
Sizing of Gas Cleaning System (Pump of Venturi Scrubber)				
47	<i>Water Flow Rate</i>	Q _L	0,0035	m ³ /s
48	<i>Water Velocity</i>	V _w	1,78	m / s
49	Density dari air	ρ_w	976,78	
50	<i>Kinematic Velocity</i>	V	1,001	m ² /s
51	Bilangan Reynolds	Re	89	
52	<i>Friction Factor</i>	f	0,71	
53	<i>Frictional Pressure Drop</i>	ΔP_{ff}	109575,18	N/m ²
54	<i>Pump Power</i>	P _{Pump}	767,02	kW

Sizing of Gas Cleaning System (Fine Filter)				
55	Velocity Dari Gas Pada Fine Filter	V_{gf}	0,05	m/s
56	Diameter Of Filter	D_f	2,93	M
Sizing of Gas Cleaning System (Bag House)				
57	Gross Cloth Area	A_c	112333	cm^2
58	The bag Height	H_{cb}	1173,80	Cm

Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Analisa Teknis Lanjutan

Gas Engine				
1	Jenis Gas Engine		TCG 2020 V16	
2	Bahan Bakar		Syngass	
3	Electrical Output	P_{out}	1560	Kw
4	Electrical Efficiency	η_{el}	42,6	%
5	Frekuensi		50	Hz
6	Jumlah Gas Engine		11	Unit
7	Produksi Listrik Harian	E	110,029.92	kWh/hari
8	Produksi Listrik Tahunan	E_y	39,060,621.6	kWh/tahun
9	Hari Operasi		355	Hari
10	Total Kapasitas Produksi Listrik	P_{el}	4584.58	kW

Dari hasil perhitungan teknis pembangkit listrik tenaga sampah di pekanbaru (PLTSA) meghasilkan energi sebesar 416,78 kW atau sebesar 39,06 GWh/tahun listrik ini dapat mencukupi 2% dari total kebutuhan energi listrik di pekanbaru, walaupun hanya memenuhi sedikit dari total kebutuhan energi listrik namun perlu di ingat bahwa PLTSA tergolong sebagai *Renewable energy* yang ketersediaan bahan bakunya selalu ada, mengingat pada saat ini kita sedang menghadapi krisis energi maka pembangunan PLTSA dapat dipertimbangkan.



Gambar 4.6 Layout Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

4.3 Analisa Aspek Ekonomi

Analisis ekonomi kelayakan pemanfaatan sampah sebagai bahan baku untuk pembangkit listrik dilakukan dengan menggunakan metode *life cycle cost* yang terdiri dari *Payback Period* (PBP), *NetPresent Value* (NPV) dan *Internal Rate of Return* (IRR). Analisis ekonomi ini digunakan untuk mengetahui karakteristik finansial pemanfaatan PLTSa berdasarkan total aliran pendapatan tahunan (*inflow*) dan total aliran biaya tahunan (*outflow*).

Pada studi kelayakan pada sebuah penelitian perancangan pembangkit listrik tenaga sampah (PLTSa). Penting dilakukan perhitungan aspek ekonomi agar dapat memberikan gambaran tentang keuntungan yang didapat sehingga menjadi suatu parameter layak atau tidak pembangunan pembangkit tersebut.

Komponen biaya terdiri dari investasi gasifier, investasi lahan, biaya operational and maintenance (O&M) gasifier serta biaya produksi gas dari gasifier. Sedangkan kopenen pedapatan terdiri dari hasil penjualan listrik yang dihasilkan oleh pembangkit.

4.3.1 Perhitungan komponen biaya produksi PLTSa gasifikasi

Pada perhitungan komponen biaya produksi ini menerangkan metodologi untuk mengestimasi biaya-biaya yang timbul pada pembangunan pembangkit, adapun biayanya adalah :

4.3.1.1 Biaya Investasi dan O&M Produksi

a. Biaya Investasi Gasifier

biaya ini bergantung pada kapasitas pembangkit, penyedia teknologi dan peralatan, biaya kontraktor dan kondisi lokasi dengan nilai biaya inverstasi sebesar 2100 – 7000 US\$/kW (IRENA, 2017).

Detail dari biaya investasi yaitu 2% pengerjaan sipil, 2,3% untuk bangunan, 13,3% untuk peralata pondasi/ atau peralatan pendukung, 7,6 % untuk perpipaan, 9% untuk alat kelistrikan, 5% untuk instrumen, 2 % untuk proses insulation / painting dan 59% untuk peratatan menbangkit. dan dengan nilai tukar rupaah sebesar Rp 13,468 pada tahun 2020 (Nasrudin, dkk.2014) , Dengan rincian sebagai berikut:

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Biaya Pengerjaan sipil, Pembangunan, Peralatan dan Pondasi, Pemipaan, Kelistrikan, Instrumentasi, dan Insulation *Painting*

$$\begin{aligned}
 &= 7000 \text{ US\$/kW} \times 41\% \times \text{kapasitas pembangkit} \\
 &= 7000 \text{ US\$/kW} \times 41\% \times 4584,58 \text{ kW} \\
 &= 13,157,744.6 \text{ US\$} \times \text{Rp. } 13,468 \\
 &= \text{Rp. } 177,208,504,272.8
 \end{aligned}$$

2. Biaya Peralatan

Biaya peralatan terdiri dari gasifier, cyclone, venturi scrubber, pump untuk venturi scrubber, fine filter dan bag house. Karena tidak adanya penjualan reaktor gasifikasi secara komersial disebabkan sebuah reaktor harus dirancang secara spesifik sesuai dengan bahan baku yang digunakan maka penelitian ini mengasumsikan biaya untuk reaktor gasifikasi merupakan 30% dari biaya peralatan pembangkit, maka nilai investasinya adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 &= 7000 \text{ US\$/kW} \times 30\% \times \text{kapasitas pembangkit} \\
 &= 7000 \text{ US\$/kW} \times 30\% \times 4584,58 \text{ kW} \\
 &= 9,627,618 \text{ US\$} \times \text{Rp. } 13,468 \\
 &= \text{Rp. } 129,664,759,224
 \end{aligned}$$

Selanjutnya peralatan pembangkit listrik dibeli secara komersial di alibaba.com dengan rincian sebagai berikut:

Cyclone Tipe XP yang diproduksi oleh Henan Sungungs Import & Export Co., LTD dengan harga 10,000 US\$ x 11 unit = 110,000 US\$ x Rp. 13,468 = Rp. 1,481,480,000

Venturi Scrubber VS-50 yang diproduksi oleh Fluid O Matic dengan harga 20,000 US\$ x 11 unit = 220,000 US\$ x Rp. 13,468 = Rp. 2,962,960,000

Bag House dengan tipe DMC 24 yang diproduksi oleh Century New Power (Tianjin) International Trade CO., LTD dengan harga 19,000 x 11 unit = 209,000 US\$ x Rp. 13,468 = Rp. 2,814,812,000

Fine Filter dengan tipe Coralfly HEPA Ultra Fine Glass Fibre Gas diproduksi oleh Guangzhou Coral Machinery CO., LTD dengan harga 500 US\$ x 11 unit = 5500 US\$ x Rp. 13,468 = Rp. 74,074,000

Pump untuk *venturi scrubber* di beli di lazada.com tipe PC-503BIT diproduksi oleh Shimizu dengan harga Rp. 2,999,900 x 22 unit = Rp. 65,997,800 diperlukan 22 dikarenakan pompa air yang dibeli mempunyai daya sebesar 500 watt sedangkan yang diperlukan pembangkit sebesar 767,02 watt per gasifier maka setiap gasifier memerlukan 2 pembangkit

Jadi total biaya investasi yaitu :
 = Rp. 177,208,504,272.8 + Rp. 129,664,759,224 + Rp. 1,481,480,000 +
 Rp. 2,962,960,000 + Rp. 2,814,812,000 + Rp. 74,074,000 + Rp. 65,997,800
 = Rp. 314,272,587,296.8

b. biaya investasi lahan
 biaya investasi lahan berguna untuk kegiatan penyiapan lahan guna tempat pemasangan gasifier. biaya investasi di tentukan oleh luas area dari sebuah gasifier dan harga lahan yang ada di daerah tersebut. biaya investasi lahan dapat dihitung dengan menggunakan rumus

biaya investasi lahan:
 = luas alas pembangkit x harga/m²
 = Luas Gasifier + Luas Cyclone + Luas Venturi Scrubber + Luas Fine Filter + Luas Bag House + luas engine x jumlah gasifier x harga/m²
 = 5m + 2m + 2m + 3m + 2m + 5m x 11 unit x Rp. 150,000
 = 38m x 11 unit x Rp. 150,000
 = Rp. 31,350,000 x 2
 = Rp. 62,700,000

c. biaya O&M gasifier
 biaya O&M pada gasifier terbagi menjadi biaya tetap dan biaya terkait, biaya tetap dapat dinyatakan sebagai persentase dari *capital cost* untuk pembangkit listrik biomassa biayanya berkisar 4% pertahun, biaya O&M tetap terdiri dari tenaga kerja, penjaga rutin,

penggantian komponen/peralatan rutin gasifier, asuransi, dll. Sedangkan biaya O&M terkait biasanya bergantung kepada output dari sistem, biaya terkait terdiri dari biaya bahan bakar non-biomassa, pembuangan abu, perawatan yang tidak direncanakan, dan biaya servis tambahan (IRENA,2018). Biaya O&M tetap dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\begin{aligned}
 &= 4\% \times \text{biaya instalasi gasifier} \\
 &= 4\% \times \text{Rp. } 314,272,587,296.8 \\
 &= \text{Rp. } 12,570,903,491.872
 \end{aligned}$$

Sedangkan biaya O&M terkait dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\begin{aligned}
 &= 4 \text{ USD} \times \text{kapasitas pembangkit} \\
 &= 4 \text{ USD} \times 4584,58 \text{ kW} \\
 &= 18,338.32 \text{ USD} \times \text{Rp. } 13,468 \\
 &= \text{Rp. } 246,980,493.76
 \end{aligned}$$

d. biaya produksi energi listrik
 biaya produksi energi ditentukan oleh dari biaya operasional dan pemeliharaan serta biaya penyusutan dari modal selama masa usia proyek(25 tahun). Besarnya biaya penyusutan modal selama 25 tahun diperoleh dengan menggunakan rumus:

$$\text{Biaya penyusutan modal} = \frac{\text{total biaya investasi}}{\text{usia proyek}}$$

Total biaya investasi terdiri dari biaya investasi dari komponen gasifier + biaya investasi lahan yaitu Rp. 314,272,587,296.8 + Rp. 62,700,000 = Rp. 314,335,287,296.8 sehingga biaya penyusutan modal selama 25 tahun adalah :

$$\begin{aligned}
 &\text{Biaya penyusutan modal} \\
 &= \text{Rp. } 314,335,287,296.8 / 25 \text{ tahun} \\
 &= \text{Rp. } 12,573,411,491.872
 \end{aligned}$$

Tabel 4.13 Total Biaya Produksi pertahun

No	Jenis	Biaya/tahun (Rp)
1	Biaya O&M Tetap Gasifier	Rp. 12,570,903,491.872
2	Biaya O&M Terkait Gasifier	Rp. 246,980,493.76
3	Biaya Penyusutan Modal (25 Tahun)	Rp. 12,573,411,491.872
	Biaya Produksi Pertahun	Rp. 25,391,295,477.504

4.3.1.2 Biaya O&M Produksi Listrik

Perhitungan O&M produksi energi listrik PLTSA dilakukan pada jenis teknologi konversi pembangkit yang tersedia dipasaran untuk jenis *gas engine* 1,2 MW. Biaya tetap operasional dan pemeliharaan biasanya terdiri dari biaya tenaga kerja dan biaya pemeliharaan. Biaya pemeliharaan terutama meliputi minyak pelumas, filter, baterai, busi dan sebagainya. Biaya O&M untuk *gas engine* 1,2 MW adalah 110,4/kWh. Berdasarkan perhitungan energi listrik, produksi energi listrik per tahun untuk *gas engine* 6 x 1,2 MW adalah 39,060,621.6 kWh/tahun, sehingga biaya O&M untuk pembangkit adalah Rp. 110,4/kWh x 39,060,621.6 kWh = Rp. 4,312,292,624.64

Biaya penyusutan *gas engine* untuk umur pembangkit 25 tahun adalah Rp. 172,491,704.98 sehingga biaya produksi energi listrik pertahun dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 4.14 Biaya Produksi Energi Listrik

No	Jenis	Gas Engine 6 x 1200 kW
1	Biaya Produksi	Rp. 25,391,295,477.504
2	Biaya O&M Pembangkit listrik	Rp. 4,312,292,624.64
3	Biaya Penyusutan Modal (25 Tahun)	Rp. 172,491,704.98
4	Biaya Produksi Energi Listrik	Rp. 29,876,079,807.124
5	Produksi Energi Listrik / Tahun	39,060,621.6 kWh
		Rp. 765,8 / kWh

Perhitungan biaya produksi energi listrik/kWh sebesar 765,8/kWh merupakan hasil dari biaya produksi energi listrik pertahun yang sebesar Rp. 29,876,079,807.124 dibagi dengan jumlah produksi listrik/tahun yang sebesar 39,060,621.6 kWh

4.3.1.3 Perhitungan biaya komponen pendapatan

Produksi energi listrik yang dihasilkan tiap tahun adalah sebesar 38,186,640 kWh. Energi listrik yang dihasilkan dari PLTSA dari sampah anorganik di Kota Pekanbaru akan dijual dengan PLN (Perusahaan Listrik Negara) sesuai dengan Peraturan Menteri ESDM no 19 tahun 2013 tentang penjualan energi listrik untuk teknologi zero waste sampah kota seharga 1.450/kWh khusus untuk wilayah Sumatera yang terpasang pada jaringan menengah, sehingga potensi pendapatan penjualan listrik oleh *gas engine* dengan kapasitas 1,2 MW dapat dihitung dengan menggunakan persamaan.

$$\begin{aligned} \text{Penjualan listrik} &= \text{Produksi listrik/tahun} \times 1.450/\text{kWh} \\ &= 39,060,621.6 \text{ kWh} \times 1.450/\text{kWh} \\ &= \text{Rp. } 56,637,901,320/\text{tahun} \end{aligned}$$

4.3.2 Analisis Kelayakan Finansial

Analisis kriteria kelayakan finansial digunakan untuk menilai kelayakan pembangkit listrik tenaga sampah (PLTSA). Analisis kelayakan terhadap kelayakan usaha yaitu NPV, IRR dan PBP. Analisis kelayakan dilakukan dengan menggunakan tingkat suku bunga 8%, umur proyek selama 25 tahun dan proyek akan dimulai pada tahun 2021. Tingkat suku bunga 8% merupakan tingkat suku bunga rata-rata pada bank konvensional yang ada di Indonesia menurut Bank Indonesia. Kriteria ini dilakukan untuk melihat sejauh mana kelayakan proyek tersebut jika menggunakan modal pinjaman dari Bank Konvensional yang ada.

4.3.2.1 Analisa Net Present Value (NPV)

Metode NPV merupakan metode yang dipakai untuk menilai usulan proyek investasi yang mempertimbangkan nilai waktu dari uang (*time value of money*) dengan usia pembangkit 25 tahun. Faktor bunga sebesar 8%, pengeluaran biaya investasi awal untuk PLTSA 6 x 1.200 kW sebesar Rp. 314,335,287,296.8 pengeluaran tahunan sebesar Rp. Rp. 29,876,079,807.124 serta pendapatan tahunan sebesar Rp. 56.637.901.320 maka *net present value* dijelaskan dalam bentuk tabel berikut

Tabel 4.15 Hasil Perhitungan *Net Present Value (NPV)*

Tahun	Pendapatan (B) (Rp)	PWF (B) 8%	Pengeluaran (C) (Rp)	PWF (C) 8%	PV (B-C)(PWF) (Rp)
2022		0,93	Rp344.211.367.103,924	0,93	-Rp 320.116.571.407
2023	Rp 56.637.901.320	1,78	Rp29.876.079.807,124	0,88	Rp 74.524.514.119
2024	Rp 56.637.901.320	2,53	Rp29.876.079.807,124	0,79	Rp 119.691.787.292
2025	Rp 56.637.901.320	3,31	Rp29.876.079.807,124	0,74	Rp 165.363.154.312
2026	Rp 56.637.901.320	3,99	Rp29.876.079.807,124	0,68	Rp 205.669.491.998
2027	Rp 56.637.901.320	4,62	Rp29.876.079.807,124	0,63	Rp 242.845.173.820
2028	Rp 56.637.901.320	5,21	Rp29.876.079.807,124	0,58	Rp 277.755.339.589
2029	Rp 56.637.901.320	5,75	Rp29.876.079.807,124	0,54	Rp 309.534.849.494

2030	Rp 56.637.901.320	6,25	Rp29.876.079.807,124	0,5	Rp 339.048.843.346
2031	Rp 56.637.901.320	6,71	Rp29.876.079.807,124	0,46	Rp 366.297.321.146
2032	Rp 56.637.901.320	7,14	Rp29.876.079.807,124	0,43	Rp 391.547.901.108
2033	Rp 56.637.901.320	7,54	Rp29.876.079.807,124	0,4	Rp 415.099.344.030
2034	Rp 56.637.901.320	7,9	Rp29.876.079.807,124	0,37	Rp 436.385.270.899
2035	Rp 56.637.901.320	8,24	Rp29.876.079.807,124	0,34	Rp 456.538.439.742
2036	Rp 56.637.901.320	8,56	Rp29.876.079.807,124	0,32	Rp 475.260.089.761
2037	Rp 56.637.901.320	8,85	Rp29.876.079.807,124	0,29	Rp 492.581.363.538
2038	Rp 56.637.901.320	9,12	Rp29.876.079.807,124	0,27	Rp 508.471.118.490
2039	Rp 56.637.901.320	9,37	Rp29.876.079.807,124	0,25	Rp 523.228.115.417
2040	Rp 56.637.901.320	9,6	Rp29.876.079.807,124	0,23	Rp 536.852.354.316
2041	Rp 56.637.901.320	9,82	Rp29.876.079.807,124	0,22	Rp 549.611.453.405
2042	Rp 56.637.901.320	10,02	Rp29.876.079.807,124	0,199	Rp 561.566.431.345
2043	Rp 56.637.901.320	10,2	Rp29.876.079.807,124	0,184	Rp 572.209.394.779
2044	Rp 56.637.901.320	10,37	Rp29.876.079.807,124	0,17	Rp 582.256.103.121
2045	Rp 56.637.901.320	10,53	Rp29.876.079.807,124	0,158	Rp 591.676.680.290
2046	Rp 56.637.901.320	10,81	Rp29.876.079.807,124	0,146	Rp 607.893.805.617
NPV					Rp 9.481.791.769.570

Net Present Value (NPV) di hitung dengan mengurangi nilai pendapatan dengan nilai pengeluaran pada tingkat suku bunga (i) dan kemudian dijumlah selama usia proyek. berdasarkan hasil perhitungan yang diatas, nilai pendapatan/*benefit* dan nilai pengeluaran/*cost* yang telah dikalikan dengan *present worth factor* (PWF) selanjutnya hasil pengalihan tersebut dikurangkan (PWB-PWC) untuk mendapatkan nilai NPV, sehingga didapatkan nilai NPV selama 25 tahun untuk proyek PLTSa di TPA Muara Fajar Kota Pekanbaru ialah sebesar Rp. 9.481.791.769.570 Hal ini dapat di putuskan bahwa proyek tersebut dapat diterima, karena nilai NPV yang lebih besar dari 0 (nol), proyek akan mendapatkan pengembalian lebih besar dari biaya modal.

Besarnya nilai IRR dapat hitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 IRR &= i1 + \frac{NPV1}{NPV1 + NPV2} \times i2 - i1 \\
 &= (8\% + \text{Rp } 9.481.791.769.570 / (\text{Rp } 9.481.791.769.570 + \text{Rp } 3.481.106.710.094) \times (12\% - 8\%)) \\
 &= (8\% + (\text{Rp } 9.481.791.769.570 / (\text{Rp } 12.962.898.479.664) \times (12\% - 8\%)) \\
 &= (8\% + (0,73 \times 4\%)) = 10,92\%
 \end{aligned}$$

Hal ini dapat di putuskan bahwa proyek tersebut dapat diterima, karena nilai IRR yang lebih besar dari 0 dan lebih besar dari pada tingkat suku bunga, yaitu dari nilai suku bunga 8% dan mendapatkan nilai IRR sebesar 10,92 % dan proyek akan mendapatkan pengembalian lebih besar dari biaya modal.

4.3.2.3 Analisa Payback Period (PBP)

Waktu pengembalian modal adalah waktu yang diperlukan untuk mengembalikan modal investasi awal. Untuk menghitung waktu pengembalian modal digunakan persamaan 2.17 berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Payback period} &= \text{jumlah investasi} / (\text{pendapatan} - \text{pengeluaran}) \\
 &= \text{Rp } 344.211.367.104 / (\text{Rp } 56.637.901.320 - \text{Rp } 29.876.079.807,124) \\
 &= \text{Rp } 344.211.367.104 / \text{Rp } 26.761.821.513 \\
 &= 12,86 \text{ Tahun}
 \end{aligned}$$

Rangkuman hasil analisis kelayakan finansial PLTSa dari sampah anorganik di Kota Pekanbaru dengan tingkat suku bunga 8% dapat ditunjukkan pada tabel berikut ini

Tabel 4.17 Hasil Analisa Kelayakan Finansial Pembangkit

No	Parameter	Hasil Perhitungan	Kriteria Kelayakan
1	<i>Net Present Value (NPV)</i>	Rp. 9.481.791.769.570	NPV>0
2	<i>Internal Rate of Return (IRR)</i>	10,92 %	IRR>0
3	<i>Payback Periode (PBP)</i>	12,86 Tahun	PBP< umur proyek

Dari tabel nilai NPV positif berarti dana yang diinvestasikan dalam proyek tersebut dapat menghasilkan *present value* arus kas lebih tinggi dari *present value* investasi awal. Hasil analisis tersebut juga menunjukkan bahwa nilai IRR yang diperoleh lebih besar dari suku bunga 8%. Sehingga pembangunan PLTSa dari sampah anorganik di Kota Pekanbaru layak dilanjutkan.

4.3.2.4 Hasil Perhitungan Aspek Ekonomi

Berikut ialah rangkuman dari analisa aspek ekonomi pada PLTSa dari sampah Anorganik di Kota Pekanbaru dapat dilihat pada tabel berikut Tabel

4.18 Hasil Perhitungan Aspek Ekonomi

NO	Deskripsi	Hasil Perhitungan
Biaya Investasi		
1	Investasi <i>Gasifier</i>	Rp. 314,272,587,296.8
2	Investasi Lahan	Rp. 62,700,000
Total Biaya Investasi		Rp. 314,335,287,296.8
Biaya Operasional dan Maintainance (O&M)		
1	O&M <i>Gasifier</i>	Rp. 12,570,903,491.872 /tahun.
2	O&M <i>Terkait</i>	Rp. 246,980,493.76 /tahun
4	Biaya Produksi	Rp. 25,391,295,477.504/tahun
5	O&M Gas Engine 6 x 1,2 MW	Rp. 4,312,292,624.64 /tahun
6	Biaya Produksi Listrik	Rp. 765,8 /kWh
Total Biaya O&M		Rp. 39,310,113,949.78 /tahun
Biaya Pendapatan		
1	Penjualan listrik	Rp. . 56,637,901,320 /tahun
Total Biaya Pendapatan		Rp. . 56,637,901,320/tahun

Tabel 4.19 Hasil Perhitungan Aspek Ekonomi Lanjutan

Kelayakan Finansial		
1	Usia Proyek	25 tahun
2	Faktor Suku Bunga	8%
3	<i>Net Present Value (NPV)</i>	Rp. 9.481.791.769.570
4	<i>Internal Rate of Return (IRR)</i>	10,92 %
5	<i>Payback Periode (PBP)</i>	12,86 tahun

Analisa ekonomi dari perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) menunjukkan bahwa pembangunan PLTSa layak dilakukan karena NPV dari berjumlah Rp. 9.481.791.769.570 menunjukkan nilai yang lebih besar dari 0, IRR juga menunjukkan nilai lebih besar dari 0 yaitu sebesar 10,29%, dan PBP bernilai 12,86 tahun menunjukkan kurang dari umur proyek selama 25 tahun.

Haklupa Jilid 10 Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

