

Desain Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) Menggunakan Teknologi Pembakaran Yang Fisibel Studi Kasus TPST Bantargebang

Nur Afifah Thohiroh¹, Rina Mardiaty²

^{1,2}Teknik Elektro UIN Sunan Gunung Djati Bandung
Jl. A.H. Nasution No. 105 Bandung
r_mardiaty@uinsgd.ac.id²

Abstrak — Sampah telah menjadi suatu masalah baru yang menyedot banyak perhatian terutama di kota Metropolitan. Berdasarkan sumber data yang diperoleh, pada tahun 2015 diperkirakan sampah yang dikirim ke TPST Bantargebang yang dihasilkan oleh masyarakat Jakarta sebanyak 6500 ton perhari. Pengolahan sampah untuk menjadi energi listrik dengan teknologi pembakaran merupakan salah satu solusi tepat dalam menangani kuantitas sampah. Penelitian ini dilakukan untuk melihat kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) dengan teknologi pembakaran yang dibangun di Bantargebang. Pengkajian yang dilakukan meliputi enam aspek, yaitu kebutuhan listrik, teknologi PLTSa, finansial, lokasi, sosial dan lingkungan, serta regulasi. Hasil dari kajian yang sudah dilakukan menunjukkan bahwa kajian kebutuhan listrik didapat pada penyulang terdekat memiliki beban puncak sebesar 4,16 MW; teknologi yang dipakai yaitu Siemens SST-050 dengan output sebesar 0,75 MW; kajian finansial menjelaskan tentang NPV sebesar Rp. 19.123.917.412, IRR sebesar 23%, dan PP adalah 7 tahun; kajian lokasi menghasilkan lokasi terpilih untuk dibangunnya pembangkit; kajian sosial dan lingkungan diketahui bahwa tidak terdapat fauna dan flora dilindungi di lokasi terpilih dan terdapatnya solusi dalam menangani polusi udara yang diakibatkan oleh kerja pembangkit, serta pendapat masyarakat jika dibangun PLTSa dengan teknologi pembakaran; kajian regulasi diketahui bahwa tidak ada peraturan yang dilanggar jika pembangunan PLTSa dengan teknologi pembakaran dilaksanakan.

Kata kunci : Sampah Kota, Kajian Kelayakan, Teknologi Pembakaran, Pembangkit Listrik Tenaga Sampah.

1. Pendahuluan

Seiring dengan perkembangan teknologi yang pesat dan berbanding lurus dengan kebutuhan energi yang besar, ditambah dengan semakin maju suatu bangsa, maka semakin besar pula kebutuhan akan energi terutama untuk kebutuhan industri. Cepat atau lambat minyak bumi sebagai penghasil sumber energi saat ini akan habis, maka dari itu disamping kita menghemat penggunaan energi dari sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui, kita juga harus mencari sumber alternatif energi baru untuk memenuhi kebutuhan energi yang tidak dapat dibendung lagi. Energi ini disebut sebagai Energi Baru dan Terbarukan (EBT).

Sampah telah menjadi suatu masalah baru yang menyedot banyak perhatian terutama di Kota Metropolitan. Berdasarkan sumber data yang diperoleh, pada tahun 2015 diperkirakan sampah yang dihasilkan oleh masyarakat Jakarta sebanyak 6500 ton perhari. Sampah ini nantinya dikirim ke TPST (Tempat Pembuangan Sampah Terpadu) Bantargebang yang selanjutnya diolah dengan berbagai cara, salah satunya menjadi sumber tenaga listrik. Adapun mekanisme pembangkitan yang dipakai adalah metode gasifikasi.

Penelitian yang berjudul “Studi kelayakan pembangkit listrik tenaga sampah (PLTSa) di TPA Kota Banda Aceh” yang diteliti oleh Rachmad Ihksan dan Syukriyadin menitikberatkan untuk menentukan kelayakan dibangunnya suatu pembangkit listrik tenaga sampah (PLTSa) daerah

TPA Gempong Jawa Banda Aceh. Metode yang digunakan yaitu metode *least cost* untuk menghitung analisa ekonomi berupa menentukan nilai NPV, ROI, BCR, PP. Dari hasil perhitungan metode tersebut didapatkan besarnya potensi gas yang dihasilkan = 1.992.533 m³/tahun dan energi listrik yang dihasilkan adalah 15.065.010 kWh dan daya listrik yang dihasilkan 1,7 MW, sedangkan nilai NPV = Rp. 18.607.329.579, IRR = 24%, BCR = 3,73 dan juga nilai PP = 4,01 Tahun [1].

Selanjutnya penelitian mengenai “Studi perencanaan pembangkit listrik tenaga sampah dengan teknologi *DRY Anaerobic Conversion*” yang diteliti oleh Didik Eko Budi Gunawan menitikberatkan pada data sampah kota Semarang. Studi perencanaan dengan energi gas metana sebagai energi primernya disimulasikan dengan teknologi *DRY Anaerobic Conversion*, dimana dilakukan fermentasi anaerobik dalam biodigester yang membutuhkan waktu proses selama 30 hari. Diasumsikan digunakan *pre mover* dengan mesin diesel sebagai penggerak alternator didapatkan potensi energi sampah yang terkandung di dalamnya dapat dibandingkan daya sebesar 572.910 kWh, hal ini didapatkan dari konversi nilai volume gas metana yang terbentuk 88.140 m³ [2].

Selanjutnya penelitian yang berjudul “*Distributed generation* pembangkit listrik tenaga sampah kota (PLTSA) type *incinerator* solusi listrik alternatif kota Medan” yang diteliti oleh Safrizal. Penelitian ini menitikberatkan pada penggunaan generator sinkron dengan *prime mover* PLTSA sebagai *voltage regulator bus* yang mampu memperbaiki *drop* tegangan serta mampu meningkatkan keoptimalan dan keandalan jaringan distribusi [3].

Pada tahun 2014, Wen-Tien Tsai melakukan penelitian yang berjudul “*Analysis of municipal solid waste incineration plants for promoting power generation efficiency in Taiwan*” paper ini membahas mengenai pemanfaatan energi yang efisien dari limbah perkotaan di Taiwan yang mencapai 300 ton per hari. Dengan menggabungkan sistem pemanasan dan pendinginan distrik dengan limbah panas dari sebuah pabrik insenerasi MSW, yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi energi secara keseluruhan sebesar 30% [4].

Berdasarkan studi literatur yang sudah ada, masih belum terdapat kajian yang menitikberatkan pada studi kelayakan perancangan PLTSA. Maka pada penelitian ini akan dikaji menggunakan teknologi pembakaran yang fisibel dinilai dari enam kajian, yaitu kebutuhan energi, teknologi pembangkit, finansial, lokasi area terkait, sosial lingkungan, serta regulasi.

Sistematika penulisan dalam makalah ini adalah sebagai berikut: Bab II akan menjelaskan beberapa asumsi dasar yang digunakan dalam mendesain PLTSA, bab III merupakan hasil dan analisis kajian kelayakan desain PLTSA, dan bab VI adalah kesimpulan.

2. Desain PLTSA

Pada penelitian ini digunakan kajian kelayakan dalam pengambilan keputusan. Kajian kelayakan adalah suatu kajian untuk menilai apakah suatu pembangkit listrik dapat dibangun. Kajian kelayakan ini merupakan bagian dari perencanaan pembangkit. Kajian kelayakan pembangkit listrik terdiri dari enam aspek, yaitu:

2.1. Sampah Sebagai Sumber Masalah

Sampah merupakan konsekuensi dari adanya aktifitas manusia, karena setiap aktifitas manusia pasti menghasilkan buangan atau sampah. Jumlah atau volume sampah sebanding dengan tingkat konsumsi kita terhadap barang/material yang kita gunakan sehari-hari. Sehari setiap warga kota menghasilkan rata-rata 900 gram sampah, dengan komposisi, 70% sampah organik dan 30% sampah anorganik. Peningkatan jumlah penduduk dan gaya hidup sangat berpengaruh pada volume sampah [3].

2.2. Penanggulangan Sampah

Prinsip-prinsip yang juga bisa diterapkan dalam keseharian dalam menanggulangi sampah misalnya dengan menerapkan Prinsip 4R, yaitu:

1. *Reduce* (Mengurangi)
2. *Reuse* (Memakai Kembali)

3. *Recycle* (Mendaur Ulang)
4. *Replace* (Mengganti)

2.3. Pengolahan Sampah

Pada umumnya, sebagian besar sampah yang dihasilkan di Indonesia merupakan sampah basah, yaitu mencakup 60-70% dari total volume sampah. Selama ini pengelolaan persampahan, terutama di perkotaan, tidak berjalan dengan efisien dan efektif karena pengelolaan sampah bersifat terpusat, dibuang ke sistem pembuangan limbah yang tercampur.

2.4. TPST Bantargebang

Bantargebang adalah sebuah kecamatan yang terletak di Kota Bekasi, Provinsi Jawa Barat. Kecamatan ini terbagi menjadi 4 kelurahan yang meliputi, Bantargebang dengan luas 406,244 Ha, Cikiwul dengan luas 525,351 Ha, Ciketing Udik dengan luas 568,955 Ha, dan Sumur Batu dengan luas 343,340 Ha. TPST Bantargebang sendiri terletak di Kelurahan Bantargebang, memiliki luas wilayah sebesar 120,3 Ha dengan kordinat 6°20'54.57"S lintang selatan dan 106°59'52.62"E bujur timur.



Gambar 1. Lokasi TPST Bantargebang [5]

TPST ini berfungsi untuk melayani sampah dari DKI Jakarta. Dalam sehari diperkirakan sampah yang masuk ke TPST Bantargebang sebanyak 6500 ton. Volume timbunan sampah pertahun dari data yang didapat sejak tahun 2003-2011 sebagai berikut:

No	Kota	Total Timbunan Sampah (m3)								
		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
1	Jakarta Barat	2,01	2,01	2,04	2,06	2,01	2,03	2,37	2,37	2,47
		2,01	2,01	2,04	2,06	2,01	2,03	2,37	2,37	2,47
2	Jakarta Pusat	1,67	1,70	1,72	1,74	1,93	1,95	2,01	2,01	2,04
		1,67	1,70	1,72	1,74	1,93	1,95	2,01	2,01	2,04
3	Jakarta Selatan	1,68	1,91	1,93	1,95	2,07	2,09	1,95	1,95	1,95
		1,68	1,91	1,93	1,95	2,07	2,09	1,95	1,95	1,95
4	Jakarta Timur	1,94	1,95	1,92	1,92	2,41	2,43	2,35	2,35	2,92
		1,94	1,95	1,92	1,92	2,41	2,43	2,35	2,35	2,92
5	Jakarta Utara	1,67	1,68	1,69	1,71	1,88	1,90	1,84	1,84	1,84
		1,67	1,68	1,69	1,71	1,88	1,90	1,84	1,84	1,84

Tabel 1. Total Timbunan Sampah 2003-2011

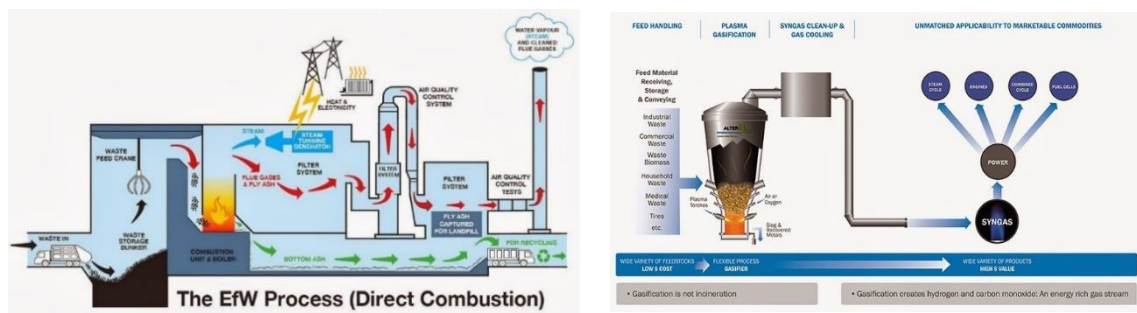
Timbunan sampah ini bersumber dari rumah tangga, kantor, pasar, pertokoan, fasilitas umum, kawasan dan lainnya. Adapun komposisi sampah yang masuk (dalam %) tersebut sebagai berikut:

Tabel 2. Komposisi Sampah

Kota / Kabupaten	Komposisi Sampah	Jumlah (%)	Kota / Kabupaten	Komposisi Sampah	Jumlah (%)
Kota Jakarta	Organik	55.37	Kota Jakarta	Kaca	1.91
	Kertas	20.57		Bongkahan	0.81
	Plastik	13.25		B3	1.52
	Kain dan Tekstil	0.61		Karet/ Kulit Tiruan	0.19
	Kayu	0.07		Lain-lain	4.65
	Logam	1.06		TOTAL	100.01

2.5. Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA)

PLTSA disebut juga sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Sampah merupakan pembangkit yang dapat membangkitkan tenaga listrik dengan memanfaatkan sampah sebagai bahan utamanya, baik dengan memanfaatkan sampah organik maupun anorganik. Mekanisme pembangkitan dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu proses Pembakaran (*Incineration*), dan Gasifikasi. Gambar 2 merupakan contoh proses PLTSA secara singkat.



(a) (b)
Gambar 2. Metode Insinerasi (a) Metode Gasifikasi [6]

2.6. Kajian Kelayakan Pembangkit Listrik

Kajian kelayakan adalah suatu kajian untuk menilai apakah suatu pembangkit listrik dapat dibangun. Kajian kelayakan ini merupakan bagian dari perencanaan pembangkit. Kajian kelayakan pembangkit listrik dinilai dari enam aspek, yaitu:

1. Kajian dan pertimbangan kebutuhan beban dan energi
Kajian dan pertimbangan kebutuhan beban dan energi adalah kajian untuk mengetahui apakah di daerah dimana pembangkit akan dibangun terdapat kebutuhan listrik yang belum bisa dipasok atau dilayani oleh pembangkit listrik yang ada.
2. Kajian dan pertimbangan pemilihan teknologi pembangkit
Kajian dan pertimbangan pemilihan teknologi pembangkit adalah kajian untuk mengetahui ketepatan dan optimalnya sebuah teknologi dari sejumlah teknologi yang ada. Pemilihan teknologi yang tepat merupakan salah satu pertimbangan utama untuk sukses dari sistem pengelolaan sampah untuk kota tertentu/kota selain mengambil pertimbangan aspek-aspek lain seperti pemulihan sumber daya, kesehatan lingkungan, dukungan keuangan, keterlibatan stakeholder/publik dan kemampuan kelembagaan.
3. Kajian dan pertimbangan hasil keuangan proyek
Kajian dan pertimbangan hasil keuangan proyek adalah kajian untuk menilai apakah pembangkit tersebut menguntungkan secara bisnis. Untuk menilai apakah sebuah pembangkit menguntungkan atau tidak dapat dihitung dari 3 metode berikut [7]:
 - a. *Net Present Value (NPV)*
NPV adalah nilai sekarang dari keseluruhan *Discounted Cash Flow* atau gambaran ongkos/pembiayaan total dengan kata lain dapat disebut sebagai pendapatan total proyek dilihat dengan nilai sekarang (nilai pada awal proyek). Secara matematik nilai NPV dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut:

$$NPV = \sum_{c=0}^n \frac{CIF_t}{(1+k)^t} COF \quad (1)$$

b. *Internal Rate of Return (IRR)*

IRR adalah besarnya tingkat keuntungan yang digunakan untuk melunasi jumlah modal yang dipinjam agar tercapai keseimbangan ke arah nol dengan pertimbangan keuntungan. IRR ditunjukkan dalam bentuk persentase (%) perperiode dan biasanya bernilai positif ($I > 0$). Perhitungan untuk mencari nilai IRR ini digunakan persamaan:

$$IRR = i_1 + \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} \quad (2)$$

c. *Payback Periode (PP)*

Payback Periode adalah lama waktu yang diperlukan untuk mengembalikan dana investasi dan dirumuskan dalam persamaan berikut:

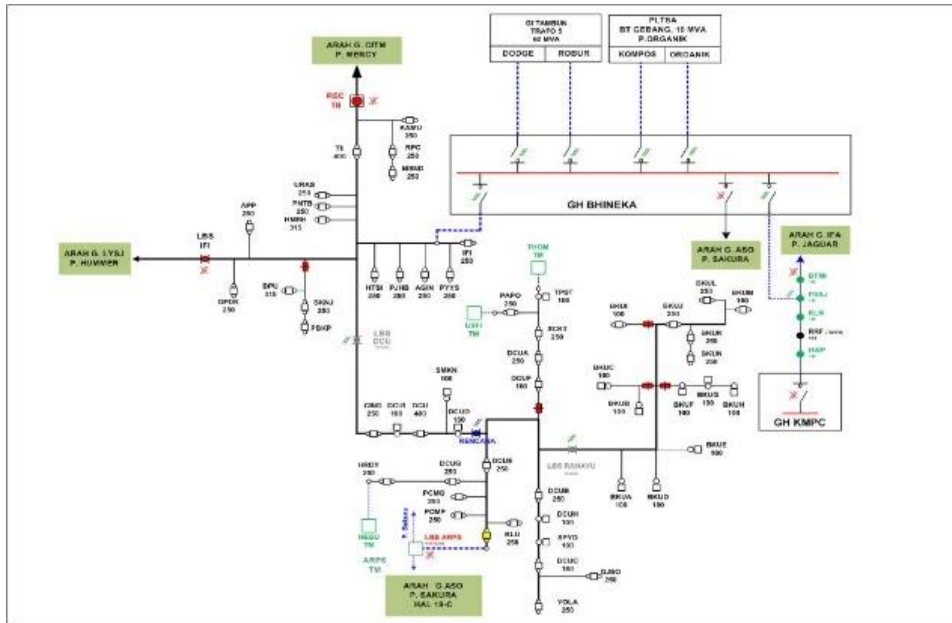
$$PP = \frac{\text{investmen Cos}}{\text{Annual CIF}} \quad (3)$$

4. Kajian dan pertimbangan teknis terkait area dan lokasi
Kajian dan pertimbangan teknis terkait area dan lokasi adalah suatu kajian untuk menilai dimana lokasi tepatnya pembangkit akan dibangun. Perencanaan pertimbangan teknis terkait area dan lokasi merupakan hal penting dalam pembuatan PLTSa.
5. Kajian pertimbangan faktor lingkungan dan sosial ekonomi
Pertimbangan faktor lingkungan dilihat dari dampak jika pembangkit di buat. Misalnya apa saja jenis hewan dan tumbuhan yang hidup di daerah calon pembangkit. Lalu bagaimana pengaruh suara yang dihasilkan pembangkit terhadap masyarakat sekitar. Serta apa pengaruh pembangkit terhadap perekonomian masyarakat sekitar kawasan PLTSa.
6. Kajian pertimbangan regulasi terhadap legalitas pembangunan *power plant*
Kajian pertimbangan regulasi berfungsi untuk menilai peraturan-peraturan apa saja yang wajib dipenuhi oleh pembangkit yang akan dibangun. Indonesia sendiri memiliki 2 jenis peraturan, yaitu nasional dan daerah.

3. Hasil dan Analisis Hasil

3.1. Kajian Dan Pertimbangan Kebutuhan Beban Dan Energi

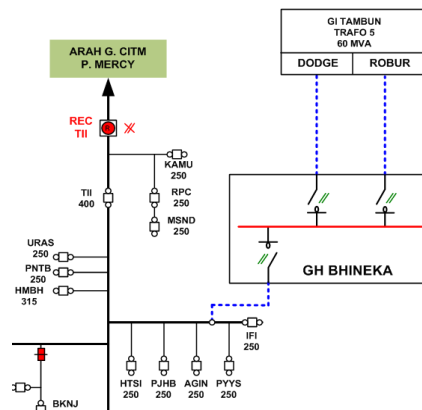
Data yang dibutuhkan untuk kajian kelistrikan adalah data beban puncak dan beban terendah suatu penyulang terdekat yang ada di lokasi perencanaan pembangkit listrik tenaga sampah di TPST Bantargebang. Sebelum menghitung beban puncak di suatu penyulang, diketahui dahulu calon wilayah yang akan dibangun pembangkit. Berikut adalah *single line diagram* penyulang terdekat yang melalui lokasi perencanaan PLTSa. Data didapat dari survey langsung ke lapangan dengan didukung data dari PLN Rayon kota Bekasi.



Gambar 3. Dodge dan Robur [8]

Berdasarkan Gambar 3, saluran distribusi tegangan menengah 20 kV yang dioperasikan PLN terdekat dengan lokasi pembangkit listrik tenaga sampah merupakan penyulang dari gardu induk (GI) 150 kV/20 kV Tambun Trafo 5, Rayon Bantargebang yang terhubung ke PLN Distribusi Jawa Barat Area Bekasi.

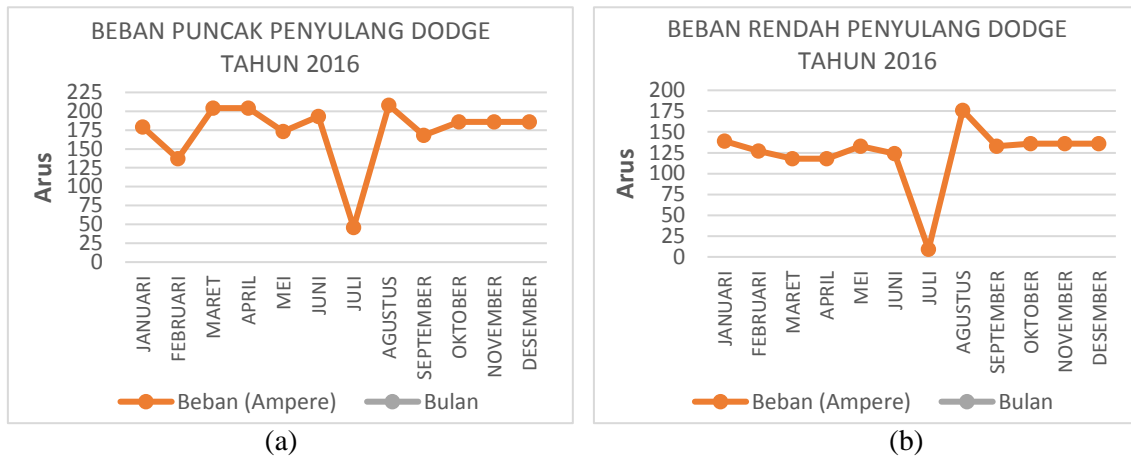
Dari sekian banyak gardu induk yang ada di Area Bekasi gardu induk (GI) 150 kV/20 kV Tambun dengan penyulang Dodge dan Robur seperti Pada Gambar 4 ditunjukkan model sistem 20 kV yang melintasi daerah perencanaan pembangkit listrik tenaga sampah (PLTSa).



Gambar 4. Model Sistem 20 kV [8]

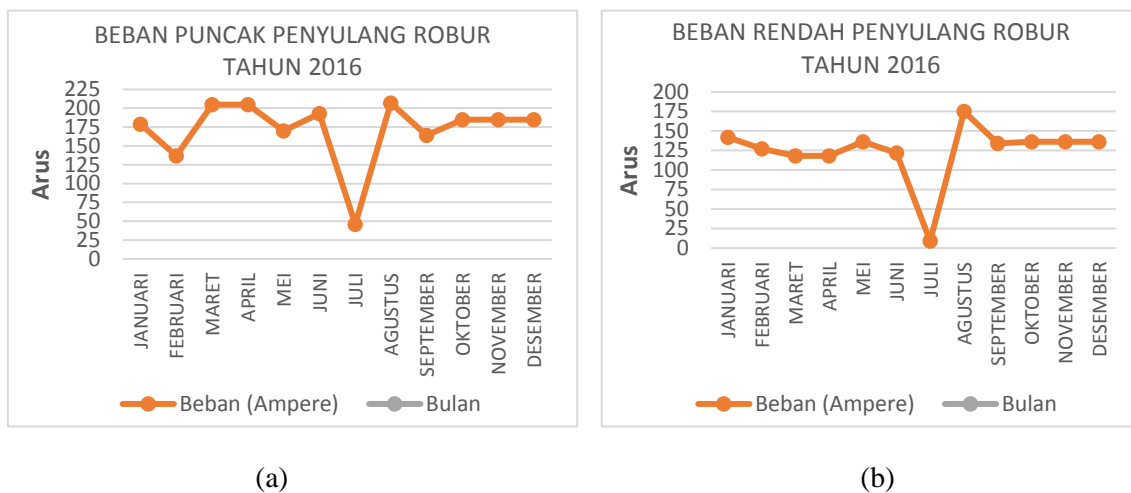
Pada penelitian tugas akhir perancangan pembangkit listrik tenaga sampah (PLTSa) ini akan diinjeksikan dan terkoneksi pada gardu hubung (GH) melalui dua pilihan penyulang. Dari dua penyulang ini kemudian akan dicari beban puncak sehingga fungsi PLTSa adalah membantu pasokan listrik PLN ke Kota Bekasi melalui pembangkit distribusi/dalam wilayah.

Untuk mengetahui beban puncak kedua penyulang tersebut dilakukan simulasi dengan didukung data dari PLN area Bekasi, dari Gambar 5 bisa dilihat grafik beban puncak juga beban rendah dari penyulang Dodge. Sedangkan untuk Gambar 6 bisa lihat grafik beban puncak juga beban rendah dari penyulang Robur.



Gambar 5 Kurva Beban Puncak (a) dan Kurva Beban Rendah (b) Penyulang Dodge Tahun 2016

Dari hasil pengolahan data yang didapat dari PLN Rayon Kota Bekasi maka didapatkan grafik beban puncak dan rendah penyulang Dodge seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6, beban puncak terdapat pada bulan Agustus sebesar 208 A dan beban rendah terdapat pada bulan Juli sebesar 9 A.



Gambar 6. Kurva Beban Puncak (a) dan Kurva Beban Rendah (b) Penyulang Robur Tahun 2016

Dari hasil pengolahan data yang didapat dari PLN Rayon Kota Bekasi maka didapatkan grafik beban puncak dan terendah penyulang Robur seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6, beban puncak terdapat pada bulan Agustus sebesar 207 A dan beban rendah terdapat pada bulan Juli sebesar 9 A.

Dari grafik data yang ada di atas, langkah selanjutnya adalah menentukan daya terbesar dari kedua penyulang dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$P = I \cdot V \tag{4}$$

Ket: P = Daya (Watt)
 I = Arus (Ampere)
 V = Tegangan (Volt)

Setelah mengetahui daya dan arus tegangan, maka didapat nilai :

1. Beban Puncak Penyulang Dodge Tahun 2016
 $2000 \times 208 = 4.160.000 \text{ Watt}$
 $= 4,16 \text{ MW}$

2. Beban Rendah Penyulang Dodge Tahun 2016
 $2000 \times 9 = 180.000 \text{ Watt}$
 $= 0,18 \text{ MW}$
3. Beban Puncak Penyulang Robur Tahun 2016
 $2000 \times 207 = 4.140.000 \text{ Watt}$
 $= 4,14 \text{ MW}$
4. Beban Rendah Penyulang Robur Tahun 2016
 $2000 \times 9 = 180.000 \text{ Watt}$
 $= 0,18 \text{ MW}$

Dari kajian dan perhitungan yang sudah dilakukan diketahui penyulang terdekat yang melalui jalur di sekitar TPST Bantargebang serta dekat dengan beban adalah penyulang Dodge. Adapun daya tertinggi juga terdapat pada beban puncak Penyulang Dodge dengan nilai sebesar 4,16 MW. Untuk itu, pembangkit nantinya akan memasok daya untuk penyulang Dodge. Hal ini di karenakan sesuai dengan SLD, penyulang Dodge memiliki jarak yang dekat dengan beban. Ditambah proses pembangunan yang akan dibuat bertahap sehingga pembangkit dalam penelitian tugas akhir ini hanya difokuskan di tahap pertama yaitu memasok penyulang Dodge. Diharapkan nantinya, pada pengembangan pembangkit terbuka kemungkinan total kapasitas pembangkit tersebut dapat memasok penyulang-penyulang atau bahkan listrik se-Kota Bekasi.

Dengan demikian, total kapasitas pembangkit listrik tenaga sampah yang akan dibangun di tahapan pertama ini sebesar 4,16 MW.

3.2. Kajian dan pertimbangan pemilihan teknologi pembangkit

Kajian dan pertimbangan pemilihan teknologi pembangkit adalah kajian untuk mengetahui ketepatan dan optimalnya sebuah teknologi dari sejumlah teknologi yang ada. Kriteria utama yang dipertimbangkan untuk pemilihan teknologi adalah kuantitas limbah, karakteristik limbah, sifat fisik dan komposisi limbah. Sebuah pilihan yang salah dalam penentuan teknologi pengolahan limbah dapat menyebabkan kegagalan seluruh sistem pengelolaan limbah yang mengarah ke ekonomi yang buruk dan lingkungan.

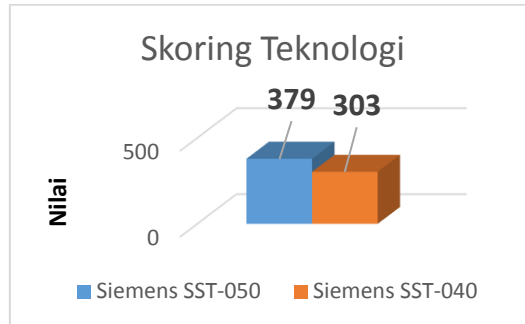
Dari banyaknya perusahaan pembuat mesin generator, didapat 2 jenis mesin, yaitu Siemens SST-050 dan Siemens SST-040. Kedua mesin ini dipilih karena memiliki daya output yang rendah, sesuai dengan kapasitas yang dibutuhkan.

Perbandingan parameter mesin dari mesin pabrikan Siemens tipe SST-050 dengan mesin pabrikan Siemens tipe SST-040 dapat ditunjukkan pada Tabel 3 berikut :

Tabel 3. Perbandingan parameter mesin

Parameter	Siemens SST-050	Siemens SST-040
Heat Rate (kJ/kWh)	122,697	114,522
Pemanfaatan energi buang	Tidak	Ada
Kebutuhan area (m ²)	1	3,75
Flexibilitas dalam operasi	Ada (minyak)	Tidak ada
Tekanan Inlet (bar)	101	40
Waktu kontruksi (bulan)	6	6
Umur mesin (tahun)	20	20
Tingkat kebisingan	Low	Low
Vibrasi	extremely low	extremely low
Kebutuhan sampah (Ton)	866,658	808,92
Keandalan	0,015625	0,000061
Temperatur Inlet (°C)	500	400
Pemeliharaan (Maintenance)	Low maintenance	large maintenance-free
<i>Quick-Start</i>	without preheating of the turbin	Compatible

Setelah didapatkan parameter-parameter pada mesin, tahap selanjutnya adalah skoring. Skoring ini dilakukan dengan cara mengalikan nilai indeks dengan bobot. Hasil skoring teknologi dituangkan dalam bentuk gambar grafik, pada Gambar 7 bisa dilihat selisih nilai dari perbandingan mesin pabrikan Siemens tipe SST-050 dengan mesin pabrikan Siemens tipe SST-040.



Gambar 7. Skoring Teknologi

Dari hasil simulasi yang dilakukan pada kajian teknologi maka didapat skoring teknologi dimana SST-50 mendapat nilai 379 dan SST-040 mendapat nilai 303. Dengan demikian mesin yang disarankan untuk calon pembangkit adalah SST-050.

3.3. Kajian dan Pertimbangan hasil keuangan proyek

Kajian dan pertimbangan hasil keuangan proyek adalah kajian untuk menilai apakah pembangkit tersebut menguntungkan secara bisnis. Dalam kajian finansial ini menggunakan beberapa asumsi untuk memenuhi skenario yang akan dikembangkan.

Dengan adanya dua kemungkinan calon mesin pembangkit, maka dilakukan simulasi dan perhitungan dengan dua skenario. Dimana skenario 1 berisi tentang kemungkinan finansial dengan menggunakan mesin Siemens SST-050 dan skenario 2 berisi tentang kemungkinan finansial dengan menggunakan mesin Siemens SST-040.

Adapun hasil dari perhitungan kajian finansial, dapat dilihat pada Tabel 4. Dimana perbedaan terletak pada kolom komposisi pembangkit, volume sampah, serta *heat rate* kit sampah.

Tabel 4. Asumsi data

No	Data	Skenario 2	Skenario 1
1	Jenis Teknologi	Siemens SST-050	Siemens SST-040
2	Vendor	-	-
3	Komposisi pembangkit	Turbine (MW)	4,5
			4,2
4	Volume Sampah	866,658	808,92
5	<i>Plant Efficiency</i>	52,10%	52,10%
6	<i>Heat Rate Kit Sampah</i>	122,697	144,522
7	<i>Capacity Factor</i>	40%	40%

Berikut adalah grafik hasil perhitungan yang didapat dari simulasi yang dilakukan dengan menggunakan 3 metode perhitungan:

1. Net Present Value (NPV)

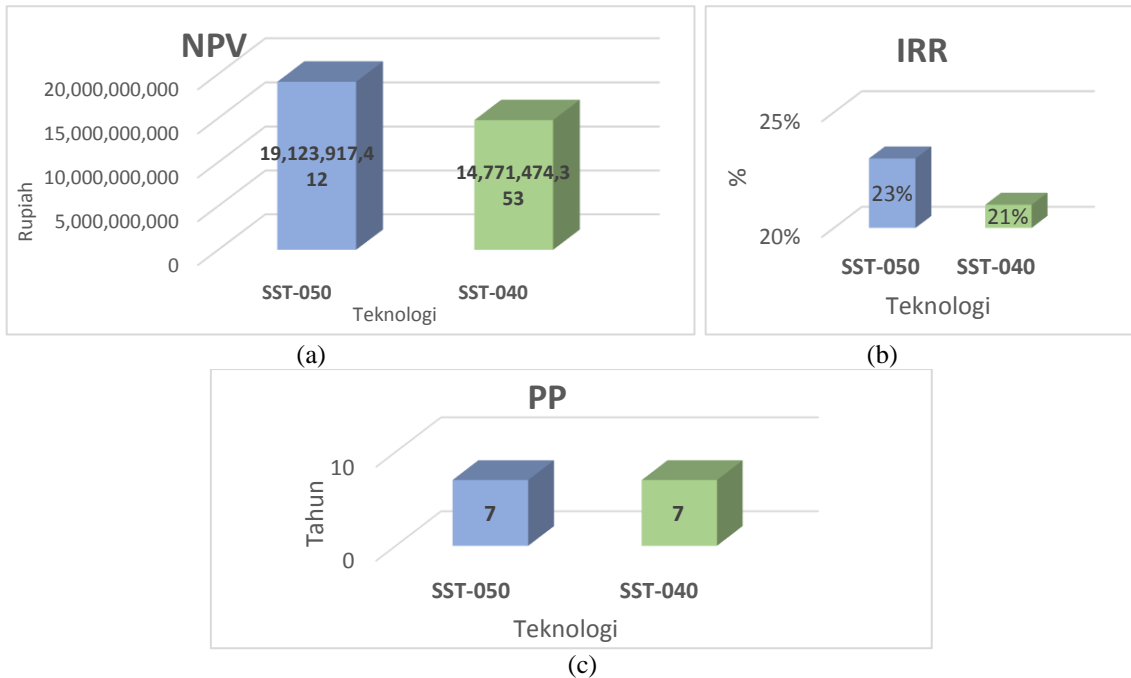
NPV adalah nilai sekarang dari keseluruhan *Discounted Cash Flow* atau gambaran ongkos/pembiayaan total dengan kata lain dapat disebut sebagai pendapatan total proyek dilihat dengan nilai sekarang (nilai pada awal proyek). Hasil simulasi dan perhitungan ditunjukkan Gambar 8(a).

2. Internal Rate of Return (IRR)

IRR adalah besarnya tingkat keuntungan yang digunakan untuk melunasi jumlah modal yang dipinjam agar tercapai keseimbangan ke arah nol dengan pertimbangan keuntungan. IRR ditunjukkan dalam bentuk persentase (%) perperiode dan biasanya bernilai positif ($I > 0$). Hasil simulasi dan perhitungan ditunjukkan Gambar 8(b).

3. Payback Periode (PP)

Payback Periode adalah lama waktu yang diperlukan untuk mengembalikan dana investasi. Hasil dari simulasi dan perhitungan ditunjukkan Gambar 8(c).

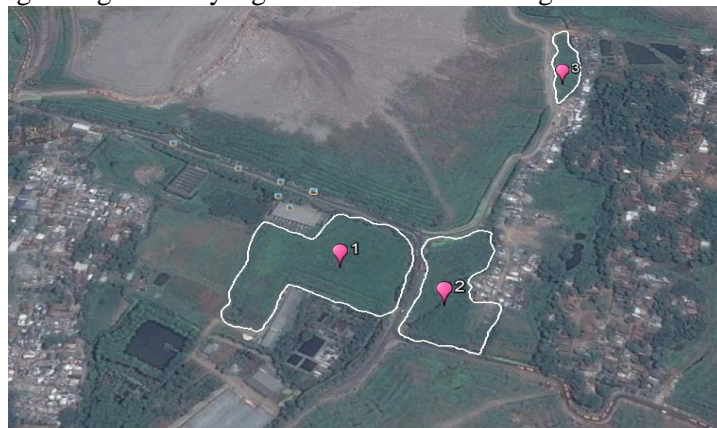


Gambar 8. Nilai NPV (a), Nilai IRR (b), dan Nilai PP (c)

Dari simulasi dan perhitungan kajian finansial yang sudah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa mesin yang memiliki keuntungan lebih besar adalah SST-050. Sehingga mesin yang direkomendasikan digunakan dalam pembangunan adalah mesin SST-050.

3.4. Kajian Pertimbangan Teknis Terkait Area dan Lokasi

Lokasi terpilih, diambil berdasarkan dari beberapa kriteria tertentu. Diantaranya tata letak pembangkit, jarak pembangkit dengan lokasi gardu dan jarak pembangkit dengan lokasi sumber air di Bantargebang. Ketiga lokasi yang di maksud adalah sebagai berikut :



Gambar 9. Peta calon lokasi PLTSa [5]

Pemilihan lokasi yang pertama kedua dan ketiga berdasarkan hasil survey, diskusi dan arahan petugas setempat. Lokasi tersebut disarankan karena memiliki tanah yang cukup datar. Adapun lokasi ketiga didapat menurut pertimbangan letak sumber air dan permukaan yang datar.

Adapun penilaian kriteria lain yang menjadi pertimbangan dan diperhitungkan dalam perancangan PLTSa adalah sebagai berikut:

Tabel 7. Karakteristik Pemilihan Lokasi

No	Parameter	Satuan	Alternatif Lokasi PLTSa		
			Lokasi 1	Lokasi 2	Lokasi 3
1	Jarak Sumber Air	m	111	29,6	46,2
2	Harga Lahan	IDR/m ²	Rp 900.000	Rp 900.000	Rp 900.000
3	Kepemilikan Lahan	-	Pemda	Pemda dan masyarakat	Pemda
4	Luas Lahan	Ha	1,9	1,6	0,4
5	Jarak dengan TPST	m	414	320	163
6	Kondisi Lahan	-	tanah	Rawa	Tanah
7	Aksesibilitas	-	Jalan beton	jalan beton	jalan beton
8	Jarak Ke jaringan 20 kV terdekat	m	105	68	81
9	Kemungkinan Pengembangan PLTSa	-	Mungkin	Mungkin	Tidak

Hasil skoring lokasi yang diperoleh dari analisis yang dilakukan bisa ditunjukkan pada Gambar 10 dengan melihat selisih nilai dari perbandingan ketiga lokasi.



Gambar 10. Skoring Lokasi

Dari hasil simulasi yang dilakukan pada kajian lokasi maka didapat skoring teknologi dimana lokasi pertama mendapat nilai 301 dan lokasi kedua mendapat nilai 322 dan lokasi ketiga mendapat nilai 303. Dengan demikian lokasi yang disarankan untuk calon kandidat pembangkit adalah lokasi kedua.

3.5. Kajian Pertimbangan Faktor Lingkungan dan Sosial Ekonomi

Beberapa faktor pertimbangan terhadap pembangunan suatu pembangkit diantaranya jenis flora dan fauna apa saja yang berada di lokasi calon kandidat pembangkit serta perkiraan pengaruh polusi dari hasil keluaran PLTSa yang akan dibangun. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, tidak ditemukan flora dan fauna dengan status dilindungi.

Adapun pengaruh dari hasil keluaran PLTSa yang akan dibangun akan menghasilkan polusi ke udara. Hal ini dikarenakan teknologi yang dipakai pada PLTSa adalah insinerasi sehingga pembuangannya menghasilkan asap dan bau. Solusi untuk menangani polusi ini diantaranya:

- Pembakaran wajib pada rentang suhu 800-1000 °C untuk menghancurkan komponen berbahaya yang terdapat pada limbah [9].
- Penambahan unit filter pada pembangkit untuk mengurangi zat-zat buangan yang berbahaya serta mengurangi bau tidak sedap.
- Dengan memakai ruang pembakaran, pembebasan udara dapat terkontrol secara efektif dan tidak menimbulkan dampak yang berbahaya bagi lingkungan atmosfer [9].

Sedangkan secara umum masyarakat berpendapat tidak setuju, hal ini di karenakan ketakutan terhadap dampak asap yang akan mempengaruhi kesehatan sehingga mengganggu aktifitas perekonomian. Untuk mengatasi persoalan ini maka akan dilakukan langkah-langkah pendekatan seperti:

- Dilakukannya sosialisasi tentang dampak, solusi, serta kelebihan dan kekurangan dari PLTSa menggunakan insenerator kepada masyarakat di lingkungan sekitar lokasi kandidat pembangkit.
- Menghimbau kepada masyarakat bahwa dengan dibangunnya pembangkit listrik tenaga sampah (PLTSa) tidak berpengaruh terhadap lingkungan sekitar karena polusi yang dihasilkan berupa asap keluaran hasil pembakaran sampah tidak berbahaya karena sebelum dikeluarkan sudah di filter terlebih dahulu sehingga aman untuk lingkungan sekitar.

3.6. Kajian pertimbangan regulasi terhadap legalitas pembangunan *power plant*

Regulasi berfungsi untuk menilai peraturan-peraturan apa saja yang wajib dipenuhi oleh pembangkit yang akan dibangun. Indonesia sendiri memiliki 2 jenis peraturan, yaitu nasional dan daerah.

4. Kesimpulan

Berdasarkan simulasi dan analisis hasil dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Desain pembangkit listrik tenaga sampah (PLTSa) dengan teknologi pembakaran yang optimal untuk pembangkitan listrik skala kecil dan mengkoersi sampah pada jumlah yang cukup signifikan adalah teknologi SST-050.
2. Hasil kajian keekonomian pembangkit menunjukkan teknologi pembangkit yang tepat dibangun di lokasi terpilih di wilayah TPST Bantargebang adalah teknologi SST-050.
3. Keunggulan teknologi SST-050 dibandingkan dengan teknologi gasifikasi adalah biaya pembangunan lebih rendah, volume sampah yang dikonversi menjadi energi listrik lebih banyak, proses konversi energi lebih cepat, dan memerlukan lahan yang lebih sedikit. Sedangkan kelemahan teknologi SST-050 dibandingkan dengan teknologi gasifikasi adalah produksi emisi karbon yang lebih besar.
4. Jika emisi karbon tidak menjadi pertimbangan utama maka teknologi SST-050 lebih tepat digunakan dibandingkan teknologi gasifikasi.
5. Manfaat pembangunan PLTSa dengan teknologi pembakaran adalah mengurangi volume sampah dengan cepat, simultan dengan pembangkitan listrik yang signifikan. Dengan demikian dampak terbesar dari pembangunan PLTSa dengan teknologi pembakaran mengurangi timbunan sampah dengan cepat.
6. Dengan dibangunnya PLTSa dapat membantu mencukupi target kontribusi energi terbarukan pada bauran energi nasional.

Daftar Pustaka

- [1] R. Ikhsan dan Syukriyadin, "Studi Kelayakan Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) di TPA Kota Banda Aceh," Jurusan Teknik Elektro Universitas Syiah Kuala, 2014.
- [2] Gunawan dan E. B. Didik, "Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah dengan Teknologi DRY Anaerobic Conversion," Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Industri Universitas Sultan Agung Semarang, 2011.
- [3] Safrizal, "Distributed Generation Pembangkit Listrik Tenaga Sampah kota (PLTSa) type Incenerator Solusi Listrik Alternatif Kota Medan," Jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Nahdatul Ulama UNISNU Jepara, 2014.
- [4] W.-T. Tsai, "Analysis of Municipal Solid Waste Incineration Plants for Promoting Power Generation Efficiency in Taiwan," 2014.
- [5] Google Earth, <https://earth.google.com/>. [Diakses Juni 2017].

- [6] Akbar, “Pembangkit Listrik Tenaga Sampah,” 2014. <http://makassargreen.blogspot.co.id/2014/03/pembangkit-listrik-tenaga-sampah.html> . [Diakses 06 Januari 2017].
- [7] N. Dodi, “Studi Kajian Kelayakan Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA) Kota Padang (Studi Kajian di TPA Air Dingin Kota Padang),” *Jurnal Teknik Elektro ITP*, 2015.
- [8] PLN Rayon Kota Bekasi, Single Line Diagram Kota Bekasi Tahun 2016, 2016.
- [9] Prayitno dan Sukosrono, “Reduksi Limbah Padat Dengan Sistem Pembakaran Dalam Ruang Tungku Bakar,” *Prosiding PPI-PDIPTN*, 2007.
- [10] Kementerian ESDM RI, Kebijakan Energi Pembangkit Listrik, 2014.