

BAB 4 PEMBAHASAN

4.1. Umum.

Pada bab ini akan dibahas apakah produk gas LPG, CNG, gas kota dapat dipakai sebagai alternatif bahan bakar pembangkit listrik dikala tidak terjaminnya pasokan listrik PLN atau penyambungan listrik PLN ke BTS memerlukan biaya yang sangat besar. Pada bab ini pula diharapkan sel surya sebagai pembangkit listrik dapat difungsikan sebagai pemasok listrik bagi BTS yang diperuntukkan sebagai pembuka daerah isolasi telekomunikasi atau penetrasi awal pada suatu wilayah yang dianggap feasible untuk dikembangkan oleh salah satu operator dimana ketersediaan energi listrik minim atau tidak ada sama sekali.

Dalam perhitungan pada bab ini, BTS yang direncanakan akan dialiri oleh tenaga listrik berbahan bakar gas adalah BTS baru dengan konfigurasi (4/4/4) dalam arti sarana dan prasarana kesemuanya baru. Sedangkan BTS yang direncanakan menggunakan tenaga surya adalah BTS dengan konfigurasi (4/4/4) dan (2/2/2).

4.2. Analisa komposisi gas kota.

Seperti yang telah dipaparkan pada bab 2, komposisi gas kota diasumsikan sebagai berikut :

Tabel 4- 1 : Komposisi gas kota

Komponen	Fraksi Mol (Y _i)	Komponen	Fraksi Mol (Y _i)	Komponen	Fraksi Mol (Y _i)	Komponen	Fraksi Mol (Y _i)
N ₂	0.006741	C ₂	0.038864	nC ₅	0.000785	nC ₈	0.000017
CO ₂	0.033452	C ₃	0.018811	iC ₅	0.001917	nC ₉	0.000059
H ₂ S	0.000001	iC ₄	0.003872	nC ₆	0.00145	nC ₁₀	0
C ₁	0.888827	nC ₄	0.004584	nC ₇	0.00062	H ₂ O	0.00002

Parameter lain yang diasumsikan dalam gas kota adalah sebagai berikut :

- Tekanan pada pipa distribusi gas kota sebesar 120 kPa (1.2 bar).
- Suhu gas pada pipa distribusi = 30°C.

Komposisi ini kemudian disimulasikan dalam program HYSIS dan didapatkan hasil sebagai berikut :

- Kompresibilitas faktor = 0.99686

- Viskositas = 1.1519×10^{-2} cP.
- Densitas gas = 0.898 Kg/m^3 .

Hasil dari perhitungan HYSIS dapat dilihat pada lampiran 11.

Hasil perhitungan secara manual dengan menggunakan “Excel spreadsheet” dan mengacu pada formula “Kays” untuk kompresibilitas faktor dan densitas gas dapat dilihat pada lampiran 11.

4.3. Perkiraan kebutuhan listrik.

Kebutuhan listrik untuk BTS dengan konfigurasi (4/4/4) dual band adalah sebesar 6,100 watt sedangkan untuk BTS dengan konfigurasi (2/2/2) single band sebesar 1,641 watt.

Penggunaan energi listrik dalam 1 tahun adalah :

- BTS konfigurasi 4/4/4 Dual band sebesar 6100 watt x 24 Jam x 365 hari = 53,436 KWH.
- BTS konfigurasi 2/2/2 Single band sebesar 1641 watt x 24 jam x 365 hari = 14,375 KWH.

Perhitungan penggunaan energi listrik tersebut diatas merupakan penggunaan energi listrik tanpa adanya gangguan listrik seperti pemadaman oleh pihak Perusahaan Listrik Negara (PLN). Dalam kenyataan pemadaman listrik akan terjadi terutama pada daerah – daerah remote.

4.4. Tipe Generator.

Pada bab ini, generator gas yang digunakan adalah generator gas dengan tipe Spark Ignited Generator, tipe GNAB 60Hz 10 Kw yang merupakan produk dari Cummin Generator. Perhitungan kebutuhan gas pada tabel dibawah ini dianggap kontinu selama 1 tahun dengan operasi 24 jam dalam 1 hari tanpa adanya gangguan pemadaman listrik oleh PLN.

Konsumsi bahan bakar dari generator tipe tersebut dengan bahan bakar propane yang dikeluarkan oleh pabrik yang bersangkutan diperlihatkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 4- 2 : Spesifikasi Generator Bahan Bakar Propane

Fuel Consumption - Propane		Standby				Prime			
60 Hz Ratings, kW (kVA)		11.5 (14.4)				10.4 (11.6)			
	Load	1/4	1/2	3/4	Full	1/4	1/2	3/4	Full
	cfh	33.5	45.3	57.6	69.9	TBD	TBD	TBD	65.2
	m ³ /hr	0.9	1.3	1.6	2.0	TBD	TBD	TBD	1.8

Dari data tersebut diatas bahwa untuk 11.5 KW energi listrik yang dihasilkan membutuhkan suplai gas propane sebesar 69.9 ft³/jam atau dengan kata lain untuk setiap Kilowatt hour (KWH) membutuhkan suplai gas sebesar 6.08 ft³ atau setara dengan 0.172 m³.

Konsumsi bahan bakar dari generator tipe tersebut dengan bahan bakar natural gas yang dikeluarkan oleh pabrik yang bersangkutan diperlihatkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 4- 3 : Spesifikasi Generator Bahan Bakar Gas Kota (Natural Gas)

Fuel Consumption - Natural Gas		Standby				Prime			
60 Hz Ratings, kW (kVA)		10.0 (12.5)				9.0 (11.3)			
	Load	1/4	1/2	3/4	Full	1/4	1/2	3/4	Full
	cfh	72.0	94.7	120.0	144.0	TBD	TBD	TBD	134.3
	m ³ /hr	2.0	2.7	3.4	4.1	TBD	TBD	TBD	3.8

Dari tabel diatas, untuk 10 KW membutuhkan 144 ft³/jam. Maka untuk 1 KWH membutuhkan bahan bakar gas sebesar 14.4 ft³ atau setara dengan 0.4078 m³.

Generator diesel berbahan bakar solar yang dipergunakan adalah produk dari Cummins generator dengan tipe DNAD 60 Hz

Tabel 4- 4 : Spesifikasi Generator Bahan Bakar Solar

Fuel Consumption		Standby				Prime			
60 Hz Ratings, kW (kVA)		11.5 (14.4)				10.4 (13.0)			
	Load	1/4	1/2	3/4	Full	1/4	1/2	3/4	Full
	US Gal/hr	0.41	0.62	0.86	1.07	0.37	0.56	0.76	0.97
	L/hr	1.6	2.3	3.3	4.0	1.4	2.1	3.0	3.7

Dari data tersebut diatas bahwa untuk 11.5 KW energi listrik yang dihasilkan membutuhkan suplai solar sebesar 4 liter/jam atau dengan kata lain untuk setiap Kilowatt hour (KWH) membutuhkan suplai solar sebesar 0.35 Liter.

4.5. Caloric Value.

Dalam perhitungan kebutuhan daripada bahan bakar LPG, konsumsi bahan bakar yang diberikan oleh pabrik yang bersangkutan dalam bentuk m^3/jam . Harga bahan bakar LPG dijual dalam bentuk rupiah per kilogram (Rp/Kg). Adanya dua dimensi yang berbeda inilah maka dilakukan pendekatan melalui caloric value.

Caloric value produk gas LPG = 21,000 BTU/Lb = 46,297 BTU/Kg.

4.6. Kebutuhan Bahan Bakar.

Perhitungan kebutuhan gas pada sub topik ini dianggap kontinu selama 1 tahun dengan operasi 24 jam dalam 1 hari tanpa adanya gangguan pemadaman listrik oleh PLN.

4.6.1. Bahan bakar Propane (LPG)..

Untuk kebutuhan selama 1 tahun, maka kebutuhan gas propane (LPG) = $53,436 \text{ Kwh} \times 6.08 \text{ ft}^3 / \text{Kwh} = 324,891 \text{ ft}^3 = 9,201 \text{ m}^3$.

Mengingat 1000 ft^3 gas setara dengan 1 mmbtu, maka kebutuhan propane dalam 1 tahun setara dengan 324.89 mmbtu, sedangkan kebutuhan 1 bulan menjadi 27.1 mmbtu.

Untuk 1 tabung ukuran 50 kg, nilai BTU yang terkandung = 2,314,850 BTU.

Dari hasil perhitungan didapatkan kebutuhan LPG selama 1 bulan dan dalam 1 tahun.

Tabel 4- 5 : Kebutuhan Tabung LPG

	1 Bulan	1 Tahun
Kebutuhan tabung isi 50 Kg LPG (Kondisi generator full operasi 24 jam dalam 1 hari)	12 buah	144 buah

1 tabung LPG@ 50 kg dapat digunakan selama 60 jam. Perhitungan secara detail dapat dilihat pada lampiran 11.

4.6.2. Bahan bakar Compress Natural Gas (CNG).

Untuk kebutuhan selama 1 tahun, misalnya, maka kebutuhan CNG = $53,436 \text{ kwh} \times 14.4 \text{ ft}^3/\text{kwh} = 769,478.4 \text{ Ft}^3 = 21,792 \text{ m}^3$. Sedangkan kebutuhan 1 bulan menjadi $1,816 \text{ m}^3$.

Bahan bakar CNG nantinya ditempatkan dalam suatu tabung pada saat proses distribusinya dari stasiun pengisian ke BTS pengguna seperti halnya bahan bakar LPG.

4.6.2.1. Tabung CNG dari Fiba Technology.

Salah satu produk tabung CNG dari Fiba Technology ²⁷ adalah tabung CNG dalam bentuk bundle, dimana setiap bundle dapat menampung 36 buah tabung CNG dengan total kapasitas sebesar 2054 m^3 CNG. Panjang setiap tabung sekitar 9 feet (2.74 meter) dengan kapasitas 57 m^3 CNG. Tabung tabung tersebut didistribusikan menggunakan trailer. Trailer dengan kemampuan mengangkut 36 buah tabung tersebut memiliki spesifikasi sebagai berikut :

- Panjang = 7.4 meter.
- Lebar = 2.4 meter.
- Tinggi = 2.6 meter.
- Beban statis keseluruhan = 13,926 Kg.

Total kebutuhan lahan termasuk 10% untuk manuver truck dan inspeksi = 19.6 m^2 .

Dengan kapasitas per tabung 57 m^3 , maka total kebutuhan tabung sebagai berikut :

Tabel 4- 6 : Kebutuhan Tabung CNG

	1 Bulan	1 Tahun
Total Kebutuhan Tabung CNG (Kondisi generator full operasi 24 jam/hari)	32	384

1 Buah Tabung CNG dengan ukuran tersebut diatas dapat mengakomodasi kebutuhan bahan bakar generator selama 22 jam.

4.6.2.2. Tabung BBG.

Penggunaan tabung BBG merupakan satu alternatif apabila lahan terbatas.

Spesifikasi tabung BBG²⁸ yang dipakai adalah sebagai berikut :

- Diameter tabung 12 ¾" = 324 milimeter.
- Tinggi tabung 3.3 feet = 1,006 milimeter.
- Volume 1 tabung 121 liter (isi air).
- Material tabung XXS.
- Harga per tabung Rp 5,115,011
- Tekanan operasional 207 bar.

Berdasarkan website <http://www.petrosin.com/psa/Queries.asp>, tabung silinder yang dapat menampung 50 liter air setara dengan 11,760 liter CNG. Sehingga untuk ukuran tabung diatas (121 liter) diperkirakan dapat menampung 28,459 liter CNG atau sekitar 28.45 m³ CNG.

1 buah tabung CNG dengan spesifikasi diatas dapat mengakomodasi kebutuhan generator selama 11 jam.

Kebutuhan CNG gas dalam 1 bulan adalah 1816 m³. Jumlah tabung yang diperlukan selama 1 bulan menjadi $1816/28.45 = 64$ buah tabung.

Mengingat jumlah tabung yang diperlukan mempengaruhi dimensi daripada alat pengangkut, maka ditetapkan penggantian CNG dilakukan setiap 1 minggu. Kebutuhan selama 1 minggu membutuhkan 16 buah tabung CNG. 16 buah tabung CNG tersebut direncanakan disusun dalam 1 bundle dengan susunan 4 tabung x 4 tabung.

Kendaraan pengangkut yang dipergunakan dalam skenario ini adalah menggunakan mobil Isuzu Panther²⁹ bak terbuka dimana memiliki ruang bak dengan dimensi 1.9 x 1.5 m.

Biaya investasi pengadaan tabung menjadi 16 buah x Rp 5,115,011/buah = Rp 81,840,176. Agar proses pergantian bundle tabung ini memiliki sedikit jeda waktu disaat pengisian, maka diperlukan setidaknya minimum dua kali kebutuhan tabung per minggu atau 32 buah tabung per bulan. Adanya kondisi tersebut total investasi tabung menjadi Rp 163,680,352.

Perhitungan secara detail dapat dilihat pada lampiran 12.

4.6.3. Bahan bakar gas kota.

Untuk kebutuhan selama 1 tahun, kebutuhan natural gas = 53,436 kwh x 14.4 ft³/kwh = 769,478.4 ft³ = 21,792 m³ = 769.5 mmbtu.

4.6.4. Generator diesel atau Generator bahan bakar solar.

Generator diesel berbahan bakar solar yang dipergunakan adalah produk dari Cummins generator dengan tipe DNAD 60 Hz.

Tabel 4- 7 : Spesifikasi Generator Bahan Bakar Solar

Fuel Consumption		Standby				Prime			
60 Hz Ratings, kW (kVA)		11.5 (14.4)				10.4 (13.0)			
Load		1/4	1/2	3/4	Full	1/4	1/2	3/4	Full
	US Gal/hr	0.41	0.62	0.86	1.07	0.37	0.56	0.76	0.97
	L/hr	1.6	2.3	3.3	4.0	1.4	2.1	3.0	3.7

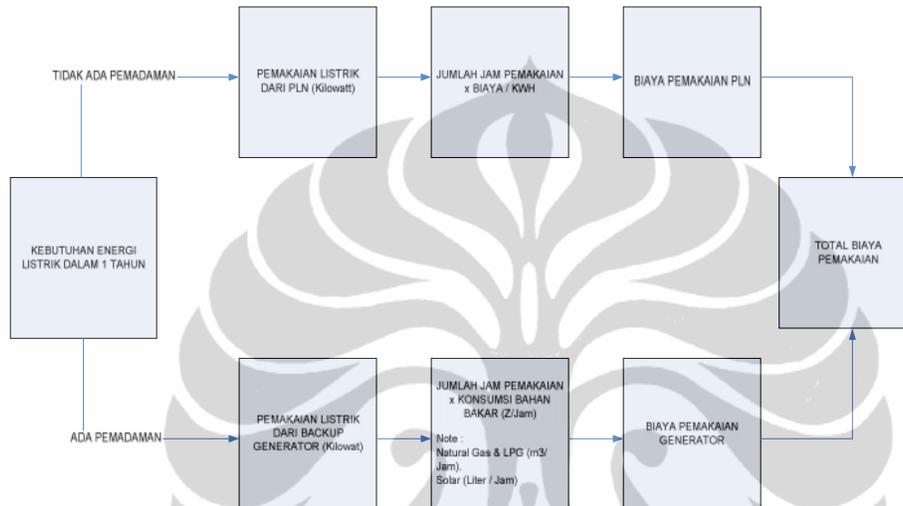
Dari data tersebut diatas bahwa untuk 11.5 KW energi listrik yang dihasilkan membutuhkan suplai solar sebesar 4 liter/jam atau dengan kata lain untuk setiap Kilowatt hour (KWH) membutuhkan suplai solar sebesar 0.35 Liter.

Untuk kebutuhan selama 1 tahun, konsumsi solar diesel = 53,436 Kwh x 0.35 Liter/Kwh = 18,703 liter.

4.7. Simulasi penggunaan listrik.

4.7.1. Simulasi penggunaan listrik dari PLN dan generator.

Sesuai skenario seperti yang telah dijelaskan pada bab 3, secara garis besar sistim penyediaan listrik sebagai berikut:



Gambar 4 - 1 : Flow biaya pemakaian listrik BTS

4.7.1.1. Simulasi pemakaian listrik PLN dan generator diesel bahan bakar solar.

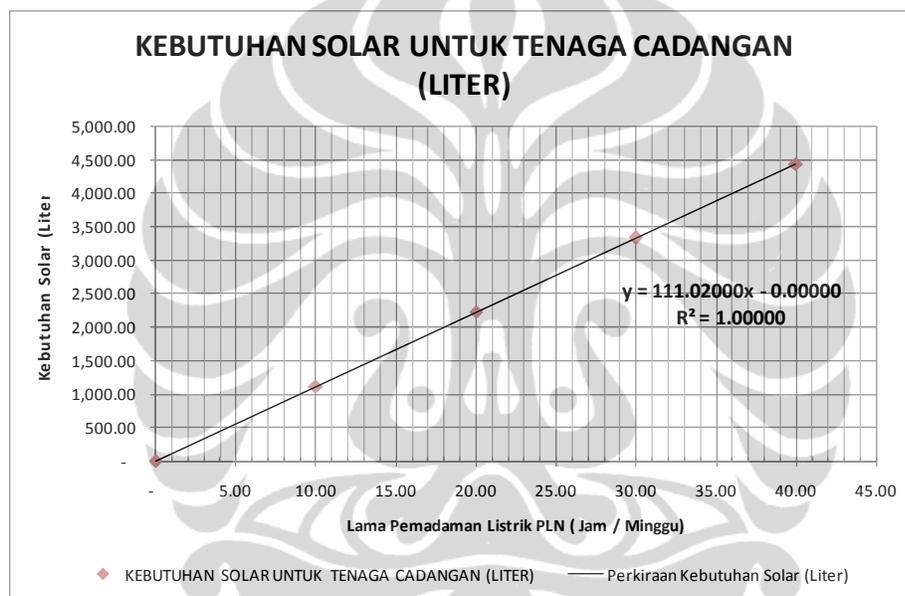
Berikut hasil perhitungan pemakaian listrik PLN dan generator diesel berbahan bakar solar, dimana pada saat terjadi pemadaman listrik oleh PLN maka generator berbahan bakar solar mengambil alih untuk mensuplai listrik ke BTS.

Kolom kebutuhan solar untuk tenaga utama pada tabel dibawah diperuntukkan bagi daerah yang tidak terlayani listrik sama sekali atau jaminan ketersediaan listrik oleh PLN dirasakan buruk. Untuk suatu BTS dalam kondisi tersebut tetap harus menyediakan generator cadangan dimana fungsinya sebagai penyedia listrik disaat perbaikan generator utama atau mengalami kerusakan.

Sedangkan kolom solar untuk tenaga cadangan pada tabel dibawah menunjukkan disaat terjadi pemadaman listrik oleh PLN, genset tersebut mengambil alih fungsinya sebagai penyedia listrik.

Tabel 4- 8 : Simulasi listrik PLN dan genset diesel sebagai tenaga cadangan

LAMA DURASI MATI (JAM / MINGGU), (A)	LAMA DURASI MATI (JAM / TAHUN)..(B) = (A) x 52 minggu	LISTRIK MATI - PEMAKAIAN PLN 1 TAHUN (KWH) = $(24 \times 365 - B) \times 7.5$ KWatt....(D)	LISTRIK MATI - PEMAKAIAN GENSET (KWH) - CADANGAN =(B) x 6.1KWatt...(E)	KEBUTUHAN SOLAR UNTUK TENAGA CADANGAN (LITER)
-	-	65,700.00	-	-
10.00	520.00	61,800.00	3,172.00	1,110.20
20.00	1,040.00	57,900.00	6,344.00	2,220.40
30.00	1,560.00	54,000.00	9,516.00	3,330.60
40.00	2,080.00	50,100.00	12,688.00	4,440.80



Gambar 4 - 2 : Kebutuhan Solar (Liter) Dalam 1 Tahun Untuk Generator Cadangan

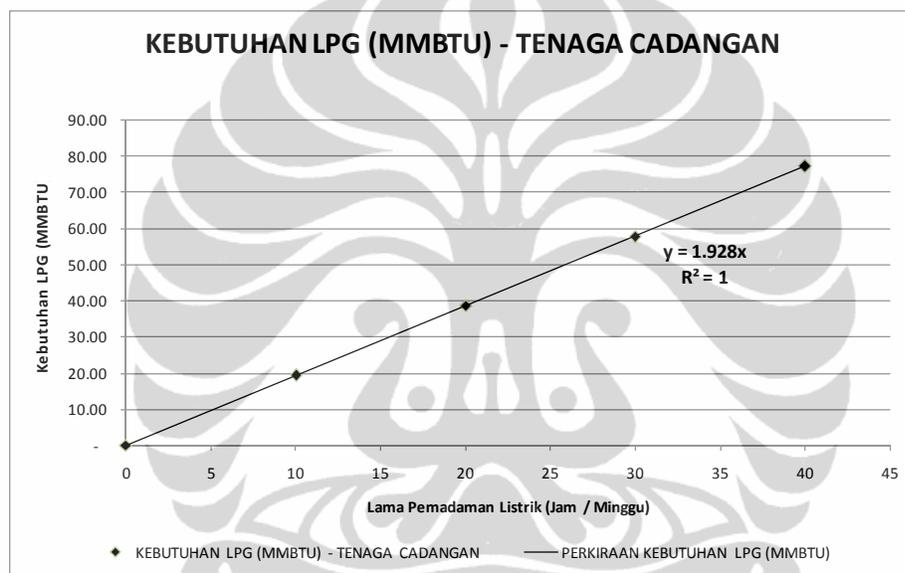
4.7.1.2. Simulasi pemakaian listrik PLN dan generator gas bahan bakar LPG.

Berikut hasil perhitungan pemakaian listrik PLN dan generator gas berbahan bakar LPG, dimana pada saat terjadi pemadaman listrik generator cadangan mengambil alih untuk mensuplai listrik ke BTS.

Sedangkan kolom LPG untuk tenaga cadangan pada tabel dibawah menunjukkan disaat terjadi pemadaman listrik oleh PLN, genset tersebut mengambil alih fungsinya sebagai penyedia listrik.

Tabel 4- 9 : Simulasi listrik PLN dan genset gas LPG

LAMA DURASI MATI (JAM / MINGGU). (A)	LAMA DURASI MATI (JAM / TAHUN)..(B) = (A) x 52 minggu	LISTRIK MATI - PEMAKAIAN PLN 1 TAHUN (KWH) = $(24 \times 365 - B) \times 7.5$ KWatt....(D)	LISTRIK MATI - PEMAKAIAN GENSET (KWH) - TENAGA CADANGAN=(B) x 6.1Kwatt...(E)	KEBUTUHAN LPG (MMBTU) - TENAGA CADANGAN
0	-	65,700.00	-	-
10	520.00	61,800.00	3,172.00	19.29
20	1,040.00	57,900.00	6,344.00	38.57
30	1,560.00	54,000.00	9,516.00	57.86
40	2,080.00	50,100.00	12,688.00	77.14



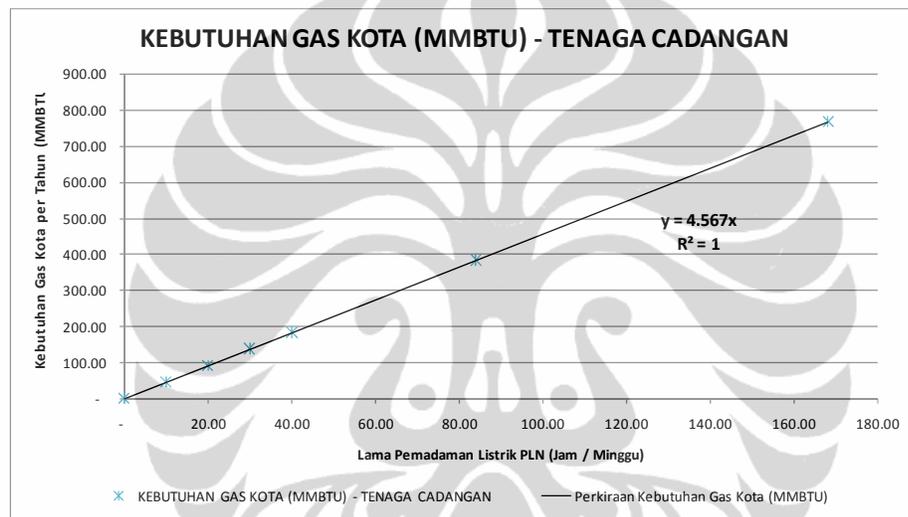
Gambar 4 - 3 : Kebutuhan LPG (MMBTU) Dalam 1 Tahun Untuk Generator Cadangan

4.7.1.3. Simulasi pemakaian listrik PLN dan generator gas bahan bakar gas kota.

Berikut hasil perhitungan pemakaian listrik PLN dan generator gas berbahan bakar natural gas yang akan disuplai oleh pengusaha gas kota, dimana pada saat terjadi pemadaman listrik maka generator mengambil alih untuk mensuplai listrik ke BTS.

Tabel 4- 10 : Simulasi listrik PLN dan genset bahan bakar gas kota

LAMA DURASI MATI (JAM / MINGGU) ..(A)	LAMA DURASI MATI (JAM / TAHUN)..(B) = (A) x 52	LISTRIK MATI - PEMAKAIAN PLN 1 TAHUN (KWH) = $(24 \times 365 - B) \times 7.5$ KWatt....(D)	LISTRIK MATI - PEMAKAIAN GENSET (KWH) - TENAGA CADANGAN=(B) x 6.1KWatt...(E)	KEBUTUHAN GAS KOTA (MMBTU) - TENAGA CADANGAN = E x 14.4/1000
-	-	65,700.00	-	-
10.00	520.00	61,800.00	3,172.00	45.68
20.00	1,040.00	57,900.00	6,344.00	91.35
30.00	1,560.00	54,000.00	9,516.00	137.03
40.00	2,080.00	50,100.00	12,688.00	182.71
84.00	4,368.00	32,940.00	26,644.80	383.69
168.00	8,736.00	180.00	53,289.60	767.37



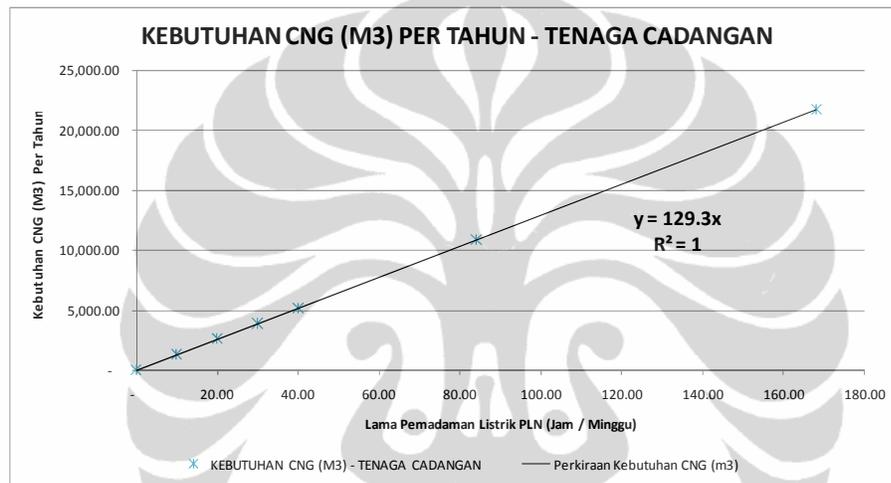
Gambar 4 - 4 : Kebutuhan Gas Kota (MMBTU) Dalam 1 Tahun Untuk Generator Cadangan

4.7.1.4. Simulasi pemakaian listrik PLN dan generator gas bahan bakar Compressed Natural Gas (CNG).

Berikut hasil perhitungan pemakaian listrik PLN dan generator gas berbahan bakar compressed natural gas, dimana pada saat terjadi pemadaman listrik oleh PLN maka generator mengambil alih untuk mensuplai listrik ke BTS.

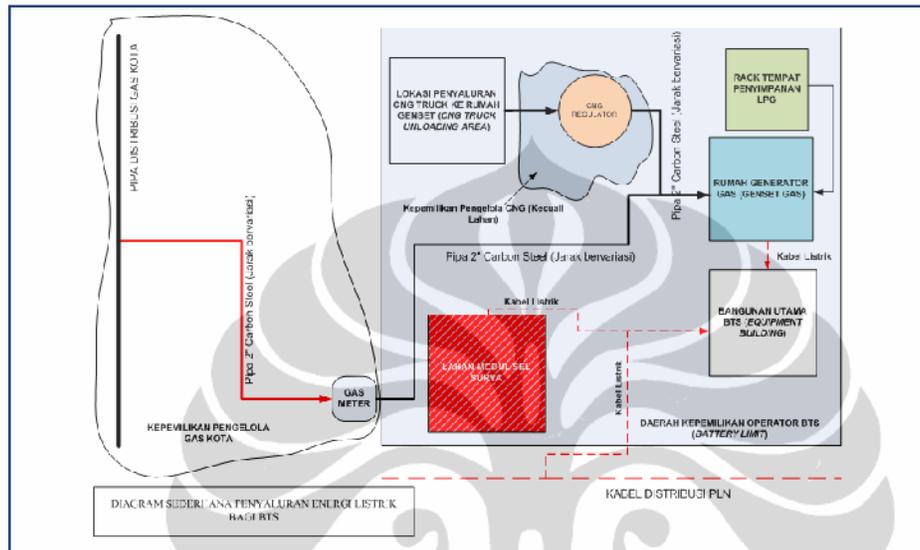
Tabel 4- 11 : Simulasi listrik PLN dan genset bahan bakar CNG

LAMA DURASI MATI (JAM / MINGGU) ... (A)	LAMA DURASI MATI (JAM / TAHUN)=(A) x 52 minggu... (B)	LISTRIK MATI - PEMAKAIAN PLN 1 TAHUN (KWH) = $(24 \times 365 - B) \times 7.5$ KWatt.... (D)	LISTRIK MATI - PEMAKAIAN GENSET (KWH) - TENAGA CADANGAN=(B) x 6.1KWatt... (E)	KEBUTUHAN CNG (M3) - TENAGA CADANGAN = $(E) \times 14.4 \times 0.0283$
0	-	65,700.00	-	-
10	520.00	61,800.00	3,172.00	1,293.42
20	1,040.00	57,900.00	6,344.00	2,586.85
30	1,560.00	54,000.00	9,516.00	3,880.27
40	2,080.00	50,100.00	12,688.00	5,173.69
84	4,368.00	32,940.00	26,644.80	10,864.75
168	8,736.00	180.00	53,289.60	21,729.51

Gambar 4 - 5 : Kebutuhan CNG (M³) Dalam 1 Tahun Untuk Generator Cadangan

4.8. Pipa Distribusi.

Dalam skenario penggunaan gas kota, pada bab ini diasumsikan bahwa BTS mendapat suplai gas dari pipa distribusi penyelenggara gas kota yang berada di sekitar BTS tersebut.



Gambar 4 - 6 : Layout rencana penyaluran bahan bakar dan tata letak sel surya.

Dari layout yang diberikan, parameter pada pipa penyelenggara gas kota ditetapkan sebagai berikut :

- Tekanan pada pipa distribusi gas kota sebesar 120 kPa (1,2 bar).
- Pipa distribusi gas kota diasumsikan berdiameter 6 inch.
- Suhu gas pada pipa distribusi = 30°C.
- Debit gas yang dibutuhkan oleh BTS adalah sebesar 59.8 m³/hari.

Hasil dari perhitungan menunjukkan bahwa dengan diameter pipa sebesar 2 inch mampu menyalurkan debit yang dibutuhkan oleh BTS. Pada jarak yang diasumsikan hingga 250 meter, tekanan pada inlet dari hasil simulasi masih menunjukkan batas yang dapat diterima oleh generator yaitu sebesar 119.99 kPa. Batas maksimum tekanan pada sisi inlet generator adalah sebesar 270 kPa dan minimum adalah 40 kPa. Aliran gas memiliki kategori aliran laminar dengan nilai bilangan reynold (Re) sebesar 1,353.

Berdasarkan syarat ASME B.31 dikatakan bahwa kecepatan aliran didalam pipa harus dibawah 30.84 m/s. Hasil perhitungan untuk pipa ukuran 2 in dengan

debit sebesar 60 m³/hari masih memberikan nilai kecepatan sebesar 0.34 m/s dimana masih dibawah apa yang ditetapkan oleh ASME.

Dari keterangan diatas maka dapat dikatakan bahwa pipa 2 inch yang menghubungkan antara pipa distribusi gas kota ke sisi metering dapat diterima.

4.9. Investasi.

Dalam rencana penggunaan bahan bakar gas atau solar untuk generator dan penggunaan sel surya, pihak penyelenggara mengeluarkan biaya investasi guna mewujudkan hal tersebut.

Investasi tersebut berupa :

- Pembangunan pipa distribusi dari titik penyelenggara gas kota ke generator gas.
- Pembelian generator gas berikut peralatan (assesories) yang diperlukan.

4.9.1. Biaya modal (*Capital Expenditure - CapEx*) pipa gas.

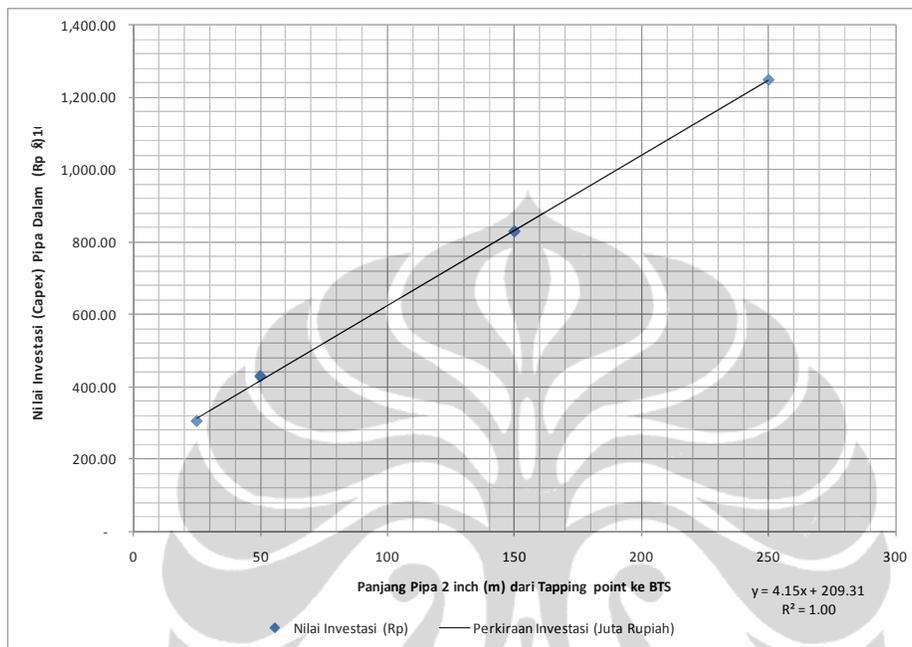
Biaya modal pembangunan pipa untuk mengalirkan gas kota ke BTS meliputi biaya pembangunan dari tapping point pipa gas distribusi gas kota ke generator . Biaya pembangunan tersebut meliputi antara lain biaya pembelian material pipa *carbonsteel* dan accessories seperti tee, reducer dan lain – lain, biaya penggalian, pekerjaan tapping dan Xray.

Hasil perkiraan biaya investasi yang tercantum dibawah, perhitungan detail dapat dilihat pada lampiran 11.

Tabel 4- 12 : Biaya investasi pipa jenis carbonsteel diameter 2 inch

No	Jarak (meter)	Nilai Investasi (Rp)
1.	25	304,438,621.39
2.	50	428,361,370.53
3.	150	829,174,003.52
4.	250	1,248,153,606.90

Untuk jarak lebih besar dari 250 meter, perkiraan biaya investasi dapat mempergunakan rumus nilai investasi (Juta Rupiah) = $4.15 \times \text{Panjang pipa 2''} + 209.31$.



Gambar 4 - 7 : Perkiraan Biaya Investasi Pipa 2 inch

4.9.2. Biaya modal (*Capital Expenditure - CapEx*) Generator.

Hasil perkiraan biaya investasi yang tercantum dibawah, perhitungan detail dapat dilihat pada lampiran 12.

Tabel 4- 13 : Biaya Investasi Generator dan kelengkapannya

Tipe Genset	Nilai investasi (Rp)
Pengadaan Genset 8.5 KVA dengan bahan bakar LPG (<i>Main + Standby</i>) berikut kelengkapannya	306,800,000.00
Pengadaan Genset 8.5 KVA dengan bahan bakar LPG (<i>Standby</i>) berikut kelengkapannya	178,300,000.00
Pengadaan Genset 8.5 KVA dengan bahan bakar CNG (<i>Main + Standby</i>) berikut kelengkapannya termasuk penyediaan lahan bagi trailer CNG	289,634,000.00
Pengadaan Genset 8.5 KVA dengan bahan bakar CNG (<i>Standby</i>) berikut kelengkapannya termasuk penyediaan lahan bagi trailer CNG	161,134,000.00
Pengadaan Genset 8.5 KVA dengan bahan bakar Solar (<i>Main + Standby</i>) berikut kelengkapannya	194,000,000.00
Pengadaan Genset 8.5 KVA dengan bahan bakar Solar (<i>Standby</i>) berikut kelengkapannya	116,000,000.00
Pengadaan Genset 8.5 KVA dengan bahan bakar Gas Kota (<i>Main + Standby</i>) berikut kelengkapannya	257,000,000.00
Pengadaan Genset 8.5 KVA dengan bahan bakar Gas Kota (<i>Standby</i>) berikut kelengkapannya	128,500,000.00

Untuk pengadaan generator bahan bakar gas kota, investasi tersebut diatas tidak termasuk biaya investasi pipa gas dari pipa distribusi ke BTS.

4.10. Perbandingan penggunaan LPG sebagai bahan bakar generator gas dengan listrik PLN untuk suplai listrik ke BTS (Skenario 1)

Hasil perhitungan Skenario 1 ditunjukkan pada tabel berikut ini. Detail perhitungan dari skenario 1 dapat dilihat pada lampiran 13A. Pada perhitungan NPV pada tabel dibawah, kondisi pemadaman lampu dalam satu tahun dianggap

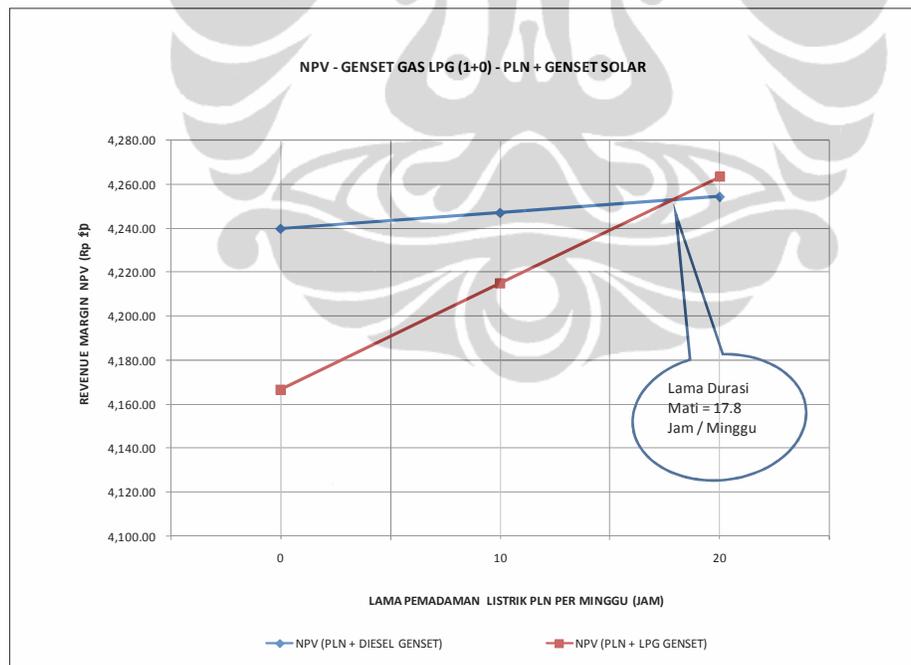
tidak ada sama sekali. Tetapi untuk menghindari hal yang tidak diinginkan, pihak operator tetap memasang genset sebagai tenaga cadangan.

Tabel 4- 14 : Nilai NPV Skenario 1

Skenario	Sub Skenario	Keterangan Skenario	Net Present Value (NPV) - Rupiah
1	1A	Genset LPG (1+1)	4,834,722,523.83
	1B	PLN + Genset LPG (1+0)	4,166,726,464.15
	1C	PLN + Genset Solar (1+0)	4,239,753,575.72

Catatan : (1+1) menandakan sebagai tenaga utama dan tenaga cadangan (2 buah genset). Sedangkan (1+0) menandakan sebagai tenaga cadangan saja (1 buah genset).

Hubungan antara skenario 1B dan 1C dengan memasukkan variable pemadaman listrik PLN ditunjukkan pada grafik dibawah ini. Pemakaian bahan bakar pada kedua skenario merujuk kepada Tabel 4- 8 .



Gambar 4 - 8 : Lama pemadaman listrik PLN untuk genset gas LPG

Pada grafik tersebut diatas menunjukkan apabila daerah dimana BTS tersebut akan dibangun memiliki kecenderungan pemadaman lampu lebih dari

17.8 jam dalam 1 minggu, konfigurasi suplai listrik PLN dengan tenaga cadangan genset gas LPG (1+0) memberikan nilai NPV yang lebih besar dibandingkan konfigurasi listrik PLN dengan tenaga cadangan genset solar.

Apabila biaya pemasangan untuk suplai listrik PLN ke BTS sangat mahal atau jaringan tidak tersedia, konfigurasi genset gas LPG (1+1) memberikan nilai NPV yang lebih besar dibandingkan konfigurasi genset solar (1+1).

Tabel 4- 15 : NPV Genset LPG (1+1) dan Genset Solar (1+1)

	Genset LPG (1+1)	Genset Solar (1+1)
NPV (Rupiah)	4,834,722,523.83	4,290,011,580.81

Catatan : (1+1) menandakan sebagai tenaga utama dan tenaga cadangan (2 buah genset).

4.11. Perbandingan penggunaan CNG sebagai bahan bakar generator gas dengan listrik PLN untuk suplai listrik ke BTS (Skenario 2).

Hasil perhitungan Skenario 2 ditunjukkan pada tabel berikut ini. Perhitungan pada tabel tersebut menggunakan asumsi apabila tabung CNG tidak disediakan oleh operator BTS tetapi disediakan oleh penjual jasa CNG. Detail perhitungan dari skenario 2 dapat dilihat pada lampiran 13B. Pada perhitungan NPV pada tabel dibawah, kondisi pemadaman lampu dalam satu tahun dianggap tidak ada sama sekali. Tetapi untuk menghindari hal yang tidak diinginkan, pihak operator tetap memasang genset sebagai tenaga cadangan.

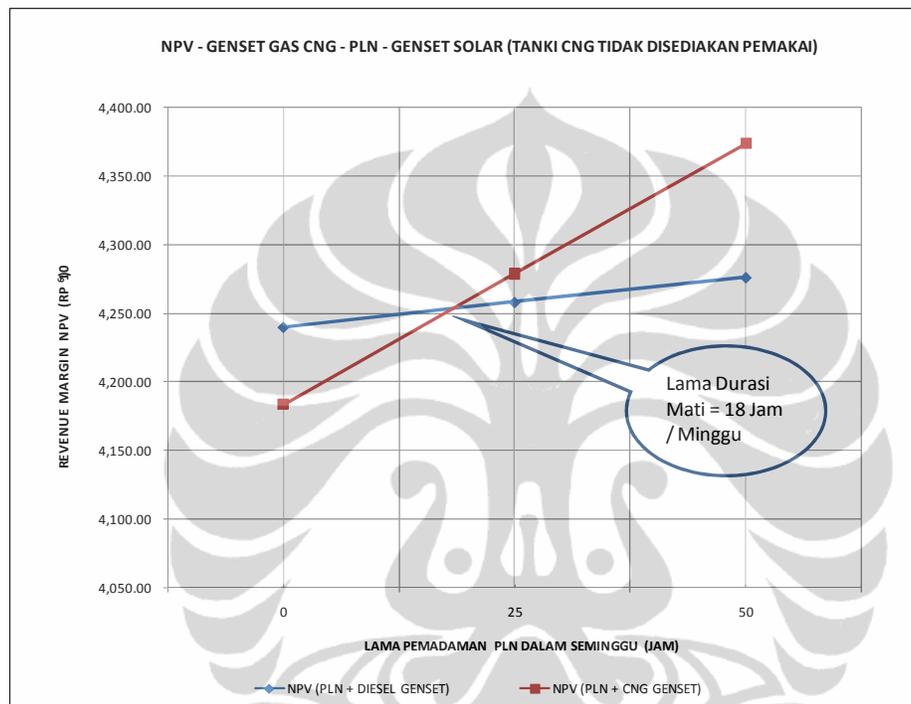
Tabel 4- 16 : Nilai NPV Skenario 2 (Tabung disediakan oleh pensuplai CNG)

Skenario	Sub Skenario	Keterangan Skenario	Net Present Value (NPV) - Rupiah
2	2A	Genset CNG (1+1)	4,677,408,711.32
	2B	PLN + Genset CNG (1+0)	4,183,892,464.15
	2C	PLN + Genset Solar (1+0)	4,239,753,575.72

Catatan : (1+1) menandakan sebagai tenaga utama dan tenaga cadangan (2 buah genset).

Sedangkan (1+0) menandakan sebagai tenaga cadangan saja (1 buah genset).

Hubungan antara skenario 2B dan 2C untuk kondisi tabung disediakan oleh pemasuplai CNG dengan memasukkan variable pemadaman listrik PLN yang ditunjukkan pada grafik dibawah ini. Pemakaian bahan bakar pada kedua skenario merujuk kepada tabel 4- 10 .



Gambar 4 - 9 : Lama pemadaman listrik PLN untuk genset gas CNG

Pada grafik tersebut diatas menunjukkan apabila daerah dimana BTS tersebut akan dibangun memiliki kecenderungan pemadaman lampu lebih dari 18 jam dalam 1 minggu, konfigurasi suplai listrik PLN dengan tenaga cadangan genset gas CNG (1+0) memberikan nilai NPV yang lebih besar dibandingkan konfigurasi listrik PLN dengan tenaga cadangan genset solar.

Apabila biaya pemasangan untuk suplai listrik untuk suplai listrik PLN ke BTS sangat mahal atau jaringan tidak tersedia, konfigurasi genset gas CNG (1+1) memberikan nilai NPV yang lebih besar dibandingkan konfigurasi genset solar (1+1).

Tabel 4- 17 : NPV Genset CNG (1+1) dan Genset Solar (1+1)

	Genset CNG (1+1)	Genset Solar (1+1)
NPV (Rupiah)	4,677,408,711.32	4,290,011,580.81

Catatan : (1+1) menandakan sebagai tenaga utama dan tenaga cadangan (2 buah genset).

Hasil perhitungan yang ditunjukkan pada tabel berikut ini menggunakan asumsi memakai tabung BBG yang disediakan oleh operator BTS.

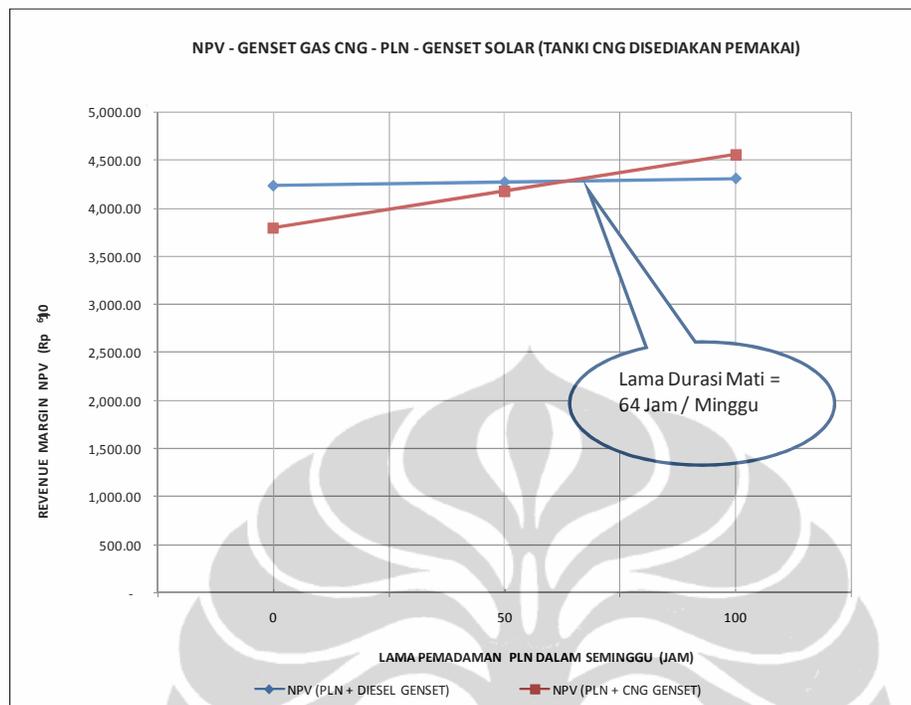
Tabel 4- 18 : Nilai NPV Skenario 2 (Menggunakan tabung BBG)

Skenario	Sub Skenario	Keterangan Skenario	Net Present Value (NPV) - Rupiah
2	2A	Genset BBG (1+1)	4,842,981,503.71
	2B	PLN + Genset BBG (1+0)	3,797,466,734.23
	2C	PLN + Genset Solar (1+0)	4,239,753,575.72

Catatan : (1+1) menandakan sebagai tenaga utama dan tenaga cadangan (2 buah genset).

Sedangkan (1+0) menandakan sebagai tenaga cadangan saja (1 buah genset).

Hubungan antara skenario 2B dan 2C untuk kondisi menggunakan tabung BBG dengan memasukkan variable pemadaman listrik PLN, ditunjukkan pada grafik dibawah ini. Pemakaian bahan bakar pada kedua skenario merujuk kepada tabel 4- 10 .



Gambar 4 - 10 : Lama pemadaman listrik PLN untuk genset gas BBG

Pada grafik tersebut diatas menunjukkan apabila daerah dimana BTS tersebut akan dibangun memiliki kecenderungan pemadaman lampu lebih dari 64 jam dalam 1 minggu, konfigurasi suplai listrik PLN dengan tenaga cadangan genset gas BBG (1+0) memberikan nilai NPV yang lebih besar dibandingkan konfigurasi listrik PLN dengan tenaga cadangan genset solar.

Tabel 4- 19 : NPV Genset gas BBG (1+1) dan Genset Solar (1+1)

	Genset BBG (1+1)	Genset Solar (1+1)
NPV (Rupiah)	4,842,981,503.71	4,290,011,580.81

Catatan : (1+1) menandakan sebagai tenaga utama dan tenaga cadangan (2 buah genset).

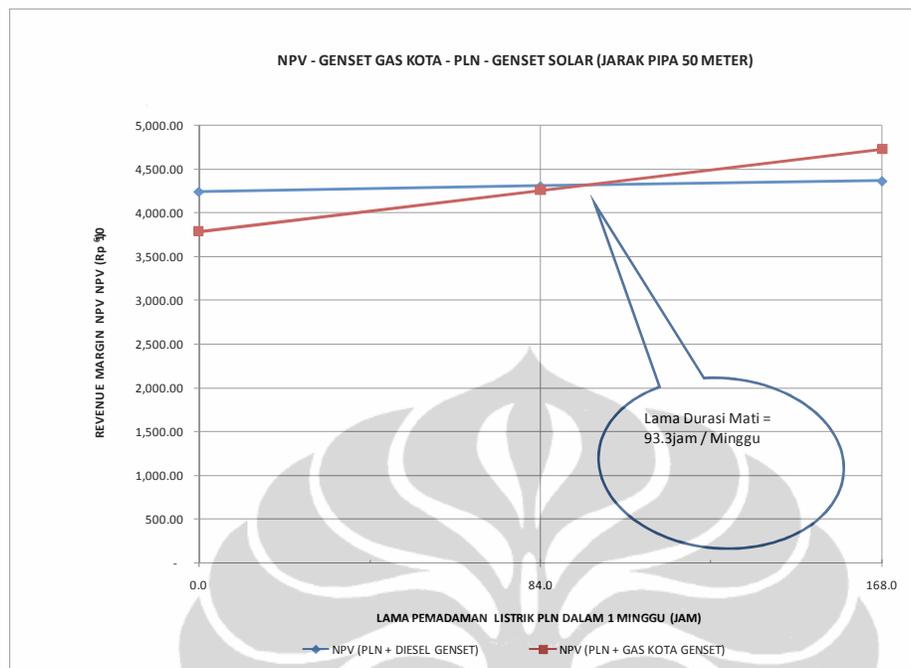
4.12. Perbandingan penggunaan gas suplai pipa gas kota sebagai bahan bakar generator gas dengan listrik PLN untuk suplai listrik ke BTS (Skenario 3).

Hasil perhitungan Skenario 3 ditunjukkan pada tabel berikut ini. Detail perhitungan dari skenario 3 dapat dilihat pada lampiran 13C. Pada perhitungan NPV pada tabel dibawah, kondisi pemadaman lampu dalam satu tahun dianggap tidak ada sama sekali. Tetapi untuk menghindari hal yang tidak diinginkan, pihak operator tetap memasang genset sebagai tenaga cadangan.

Tabel 4- 20 : Nilai NPV Skenario 3 (Panjang Pipa 50 meter)

Skenario	Sub Skenario	Keterangan Skenario	Net Present Value (NPV) – Rupiah
3	3A	Genset Gas Kota (1+1)	4,580,576,931.63
	3B	PLN + Genset Gas Kota (1+0)	3,788,165,093.62
	3C	PLN + Genset Solar (1+0)	4,239,753,575.72

Hubungan antara skenario 3B dan 3C dengan memasukkan variable pemadaman listrik PLN yang ditunjukkan pada grafik dibawah ini. Pemakaian bahan bakar pada kedua skenario merujuk kepada tabel 4-7 dan tabel 4-9.



Gambar 4 - 11 : Lama Pemadaman Listrik Untuk Genset Gas Kota (Jarak pipa 50 meter).

Pada grafik tersebut diatas menunjukkan apabila daerah dimana BTS tersebut akan dibangun memiliki kecenderungan pemadaman lampu lebih dari 93.3 jam dalam 1 minggu, konfigurasi suplai listrik PLN dengan tenaga cadangan genset gas kota (1+0) memberikan nilai NPV yang lebih besar dibandingkan konfigurasi listrik PLN dengan tenaga cadangan genset solar.

Apabila biaya pemasangan daya baru untuk suplai listrik PLN ke BTS sangat mahal atau jaringan tidak tersedia, konfigurasi genset gas kota (1+1) memberikan nilai NPV yang lebih besar dibandingkan konfigurasi genset solar (1+1).

Tabel 4- 21 : NPV Genset Gas Kota (1+1) dan Genset Solar (1+1) Jarak Pipa 50 meter

	Genset Gas Kota (1+1)	Genset Solar (1+1)
NPV (Rupiah)	4,580,576,931.63	4,290,011,580.81

Catatan : (1+1) menandakan sebagai tenaga utama dan tenaga cadangan (2 buah genset).

Hubungan antara lama pemadaman listrik PLN dengan jarak pipa hingga 150 meter ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 4- 22 : Lama Pemadaman Listrik (Jam) Untuk Berbagai Jarak Pipa

No.	Jarak Pipa dari titik distribusi ke Generator (meter)	Lama Pemadaman Listrik PLN (Jam / minggu)
1.	25	67.7
2.	50	93.3
3.	150	176

Pada tabel tersebut diatas untuk lama pemadaman listrik selama lebih dari 168 jam dalam 1 minggu atau bisa dikatakan pasokan listrik PLN tidak ada sama sekali, maka jarak maksimum pipa yang masih memberikan nilai NPV tinggi dibandingkan penggunaan konfigurasi (PLN + Genset Solar) adalah 150 meter.

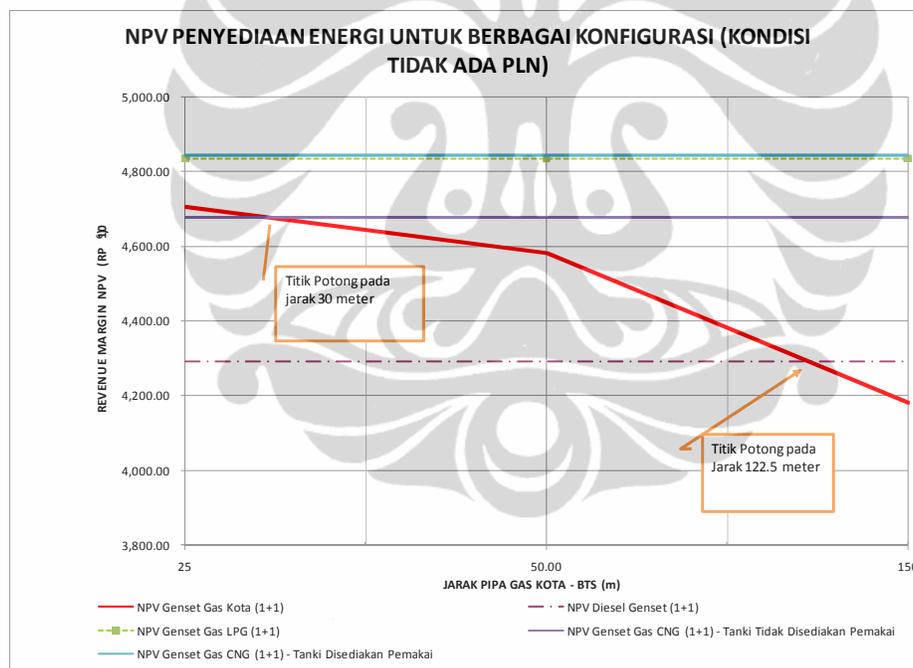
Mengenai penggunaan gas kota sebagai suplai bahan bakar generator gas bergantung pada keberadaan pipa distribusi gas kota. Pada perhitungan sebelumnya, jarak pipa distribusi gas kota ditetapkan sepanjang 50 meter. Perhitungan selanjutnya akan diarahkan pada jarak berapa antara pipa distribusi gas ke genset masih memberikan NPV yang terbaik dibandingkan penggunaan bahan bakar solar, LPG ataupun CNG. Perhitungan dirasakan perlu untuk dilakukan mengingat selain investasi daripada pipa yang besar, dalam kenyataannya pipa distribusi gas kota kemungkinan berada pada jarak yang cukup jauh dari BTS.

Pada tabel dibawah ini memberikan nilai NPV untuk berbagai kondisi jarak pipa distribusi yang menghubungkan pipa distribusi utama gas kota ke metering. Detail perhitungan NPV dapat dilihat pada lampiran 13.

Tabel 4- 23 : Nilai NPV untuk berbagai jarak pipa dari distribusi utama ke metering dengan konfigurasi genset gas kota (1+1)

Jarak Dari Pipa Distribusi Utama Gas Kota ke Generator di BTS (meter)	25	50	150
Nilai NPV (Rupiah)	4,704,499,680.77	4,580,576,931.63	4,179,764,298.64

Grafik dibawah memberikan gambaran antara nilai NPV yang tertera pada tabel diatas dibandingkan dengan konfigurasi NPV genset gas LPG (1+1), genset gas CNG (1+1) dan Genset diesel (1+1)



Gambar 4 - 12 : Nilai NPV untuk berbagai jarak pipa dan konfigurasi genset lainnya

Pada grafik diatas menggambarkan :

- Apabila jarak pipa distribusi gas ke BTS kurang dari 25 meter, maka opsi pemakaian gas kota sebagai bahan bakar generator memberikan nilai NPV sedikit lebih besar daripada pemakaian CNG, tetapi tetap

lebih ekonomis apabila memakai LPG. Pada jarak pipa 30 hingga 50 meter, CNG menjadi lebih ekonomis dibandingkan penggunaan gas kota.

- Apabila jarak pipa distribusi gas ke BTS 50 meter hingga 150 meter, maka opsi pemakaian gas kota sebagai bahan bakar generator menjadi tidak ekonomis dibandingkan pemakaian gas LPG ataupun CNG, tetapi tetap memberikan nilai NPV terbesar pada jarak pipa hingga 122 meter dibandingkan solar disel.
- Apabila jarak pipa distribusi gas ke lebih dari 122 meter, maka opsi pemakaian gas kota sebagai bahan bakar generator menjadi tidak ekonomis dibandingkan LPG, CNG ataupun solar.

4.13. Pengadaan (*Supply Chain*) bahan bakar bagi energi listrik untuk BTS.

Peninjauan terhadap ketersediaan bahan bakar perlu dilakukan karena hal tersebut merupakan bagian dari faktor penyediaan energi listrik yang berkesinambungan.

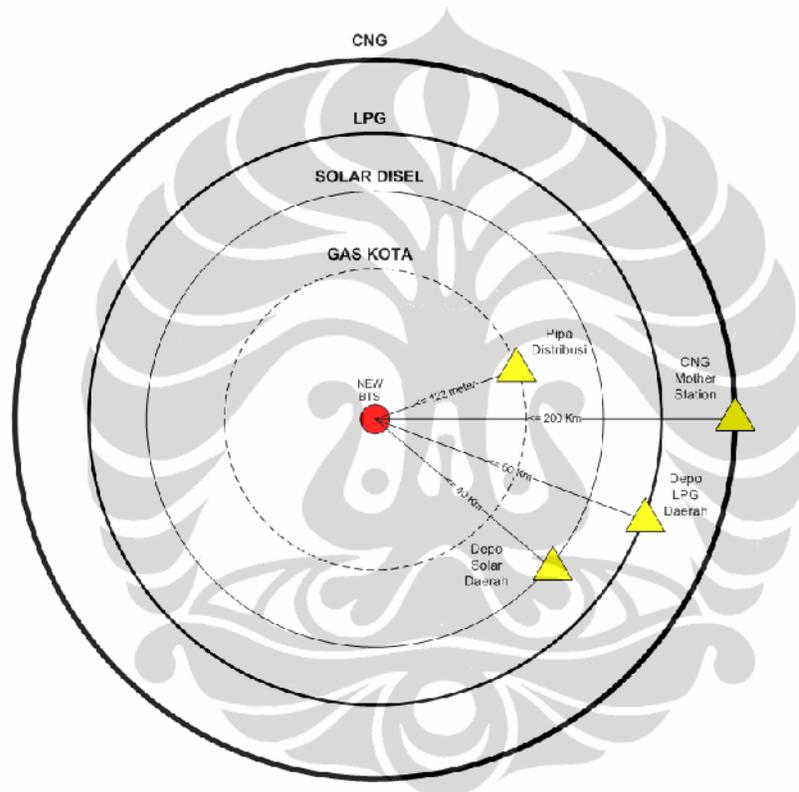
Pola penyediaan bahan bakar di pulau Jawa umumnya lebih baik dibandingkan pulau lainnya. Selain dari jumlah depo (fasilitas penimbunan) bahan bakar yang cukup banyak hal ini juga didukung oleh infrastruktur yang baik. Infrastruktur yang baik berupa jalan sebagai contohnya menukung penurunan biaya transportasi dalam pendistribusian bahan bakar tersebut. Sebagai contohnya harga bensin premium dan solar bersubsidi di kabupaten mulia propinsi Papua mencapai harga Rp. 35,000,- per liter padahal harga solar di pulau Jawa hanya mencapai harga Rp 4,500 per liternya. Hal ini dikarenakan ongkos angkut untuk mencapai kabupaten Mulia dari depo bahan bakar yang terdekat mencapai Rp 29,000 per liter³⁰. Ongkos angkut terendah berada di daerah Belawan. Sumatera Utara yang mencapai Rp 40 per liternya.

Untuk bahan bakar Solar, perusahaan pensuplai bahan bakar (non subsidi) akan membebani ongkos transportasi sebesar Rp 55 per liter apabila pihak pelanggan berada pada radius 40 km dari titik suplai.³¹

Untuk bahan bakar LPG, perusahaan pemasok akan membebani ongkos transportasi sebesar Rp 11,000 per tabung apabila pihak pelanggan berada pada radius 60 km dari titik suplai.³²

Untuk bahan bakar CNG, perusahaan pemasok hanya mampu melayani pelanggan pada radius 200 km dari stasiun pengisi CNG (*Mother Station*).

Secara garis besar sistem suplai bahan bakar terhadap stasiun BTS dapat digambarkan dibawah ini.



Gambar 4 - 13 : Radius Suplai Bahan Bakar ke BTS

Untuk gas kota dibatasi hingga 122 meter sesuai dengan ulasan pada topik sebelumnya dimana apabila jarak pipa distribusi gas kota ke titik BTS lebih dari 122 meter maka generator berbahan bakar LPG, CNG ataupun solar lebih ekonomis.

4.14. Penyediaan listrik oleh sel surya.

Telekomunikasi berperan penting dalam pengembangan suatu wilayah, tetapi adanya telekomunikasi di suatu daerah sangat bergantung ketersediaan

energi listrik dan suplai listrik secara kontinu. Tingkat elektrifikasi yang masih rendah di beberapa daerah di Indonesia seperti Kalimantan, Sulawesi dan hampir di seluruh wilayah Indonesia Timur menyebabkan perkembangan telekomunikasi di wilayah tersebut tidak secepat perkembangan di daerah Jawa, Sumatera dan Bali. Padahal di daerah dimana tingkat elektrifikasi yang rendah tersebut, Kalimantan sebagai contohnya memiliki potensi cadangan alam dan kekayaan hutan yang besar demikian pula dengan tingkat pendapatan masyarakatnya. Kondisi tersebut merupakan pangsa pasar yang sangat baik dalam penyediaan jasa telekomunikasi.

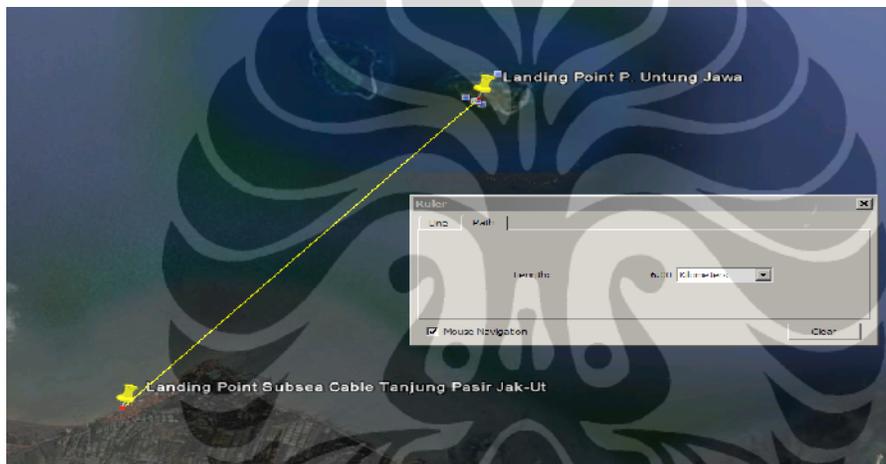
Pulau – pulau di sekitar pulau Jawa contohnya pulau Untung Jawa di kawasan kepulauan seribu, pengadaan listrik untuk sehari hari masih mengandalkan generator disel. Padahal harga solar didaerah tersebut mencapai diatas Rp 9,800 per liter³³. Industri pariwisata di daerah tersebut menjadi tersendat. Selain dihadapkan pada pengadaan listrik yang sangat tinggi, faktor komunikasi juga merupakan salah satu penyebabnya. Sebagai contohnya, seseorang wisatawan yang ingin berkunjung ke salah satu pulau yang berada di kawasan kepulauan seribu harus siap apabila terjadi keadaan darurat. Wisatawan tersebut tidak bisa mengharapkan bantuan secara cepat dari Jakarta mengingat sinyal telekomunikasi selular tidak ada.

Salah satu penghasil listrik yang cocok diterapkan adalah sel surya. Walaupun investasi sel surya saat ini masih mahal, tetapi dibandingkan dengan pengadaan jaringan listrik PLN lewat kabel bawah laut, sel surya akan menjadi opsi yang terbaik. Intensitas matahari pada suatu daerah berbeda – beda yang menyebabkan skala investasi sel surya berbeda – beda. Tingkat intensitas matahari akan menentukan berapa modul sel surya yang akan dibutuhkan. Selain itu sel surya merupakan alternatif dimana produk gas dan solar sulit didapatkan di suatu daerah dan apabila dilaksanakan akan memtuhkan biaya transportasi yang tinggi.

Rencana biaya penggelaran kabel laut PLN seperti yang dikutip pada website <http://bataviase.co.id/node/115894> "Listrik Transportasi Hambat Investasi" untuk panjang kabel 40 km akan menelan investasi sebesar Rp 160 milyar, sehingga biaya invetasi per km akan berkisar Rp 4,000,000,000.

4.14.1. Perhitungan sel surya.

Pada sub topik ini, pulau Untung Jawa merupakan daerah yang akan dilakukan pembangunan BTS. Pulau Untung Jawa berada pada sebelah utara Jakarta dan berjarak kira – kira 6 kilometer dari Tanjung Pasir – Jakarta Utara. Apabila menggunakan kabel PLN, maka biaya investasi diperkirakan akan menelan sebesar Rp 24,000,000,000. Dengan asumsi pihak swasta berperan dalam investasi tersebut dengan mengambil porsi sebesar 10%, maka investasi yang ditanggung oleh pemerintah akan sebesar Rp 21,600,000,000 dan sisanya sebesar Rp 2,400,000,000 ditanggung oleh pihak swasta.



Gambar 4 - 14 : Posisi Pulau Untung Jawa

Pada skenario ini, konfigurasi BTS yang dipergunakan adalah 2/2/2 dan 4/4/4. Perhitungan jumlah modul sel surya dan baterai cadangan dapat dilihat pada lampiran 14 dan 15.

Tabel berikut menunjukkan biaya investasi yang dikeluarkan untuk penggunaan sel surya.

Tabel 4- 24 : Biaya Investasi Sel Surya untuk BTS

Konfigurasi BTS	Biaya Investasi (Rp)
2/2/2	1,144,800,000.00
4/4/4	3,235,600,000.00

Tabel berikut menunjukkan nilai NPV antara penggunaan sel surya dan penggunaan PLN. Pada penggunaan PLN, biaya investasi kabel sebesar 10% dari total investasi dianggap sebagai biaya modal pihak operator (*Capex*). Tahun pengamatan dalam investasi ini adalah selama 15 tahun dimana lama tersebut sesuai dengan umur bangunan BTS.

Tabel 4- 25: NPV Sel Surya dan PLN

Konfigurasi BTS	NPV Sel Surya (Rp)	NPV PLN (Rp)
2/2/2	4,714,215,520.66	3,197,199,705.63
4/4/4	2,401,159,081.21	1,972,893,788.58

4.15. Perbandingan investasi dan lama pemadaman listrik PLN.

Dari perhitungan diatas investasi generator dengan berbagai produk gas , solar ataupun penggunaan sel surya menunjukkan nilai yang berbeda walaupun output yang dihasilkan oleh generator tersebut adalah sama.

Pada kondisi dimana jaringan PLN tidak tersedia atau pemasangan jaringan PLN baru membutuhkan investasi yang sangat besar ataupun akibat medan yang sangat sulit, berikut adalah tabel perbandingan investasi dari masing – masing generator dengan produk gas, solar ataupun sel surya. Pada tabel tersebut dua generator berperan sebagai sumber tenaga utama dan lainnya sebagai tenaga cadangan yang berfungsi di saat maintenance atau salah satu dari generator tersebut mengalami kerusakan.

Tabel 4- 26 : Biaya Investasi generator (Kondisi tidak ada jaringan PLN)
 BIAYA INVESTASI DAN BAHAN BAKAR (KONDISI TIDAK ADA JARINGAN PLN)

KONFIGURASI PEMBANGKIT (1+1) DAN BAHAN BAKAR	INVESTASI (Rp)	DAYA LISTRIK YANG DIHASILKAN (KWATT)	BIAYA BAHAN BAKAR + MAINTENANCE RATA - RATA DALAM 1 TAHUN (Rp)	OUTPUT LISTRIK YANG DIHASILKAN DALAM 1 TAHUN (KWH)	BIAYA INVESTASI JUTA Rp/ KW	BIAYA BAHAN BAKAR Rp/ KWH	NPV (JUTAAN RUPIAH)
Propane (LPG)	306,800,000.00	6.10	103,283,848.26	53,436.00	50.30	1,932.85	4,834.72
Gas Kota *	829,174,003.52	6.10	79,750,448.00	53,436.00	135.93	1,492.45	4,179.76
Compressed Natural Gas (CNG)	289,634,000.00	6.10	123,374,754.09	53,436.00	47.48	2,308.83	4,677.41
Solar Disel	194,000,000.00	6.10	209,689,954.00	53,436.00	31.80	3,924.13	4,290.01
Sel Surya (4/4/4)	3,235,600,000.00	6.10	50,204,000.00	53,436.00	530.43	939.52	2,401.16

* Jarak Pipa Distribusi 150 IMeter

Dari segi investasi per kilowatt, generator dengan bahan bakar solar merupakan yang termurah sedangkan generator gas dengan bahan bakar gas kota

yang termahal apabila dibandingkan dari asal sumber bahan bakar yaitu *fossil fuel*. Apabila dibandingkan dengan sarana dan prasarana pembangkit listrik maka investasi sel surya adalah yang termahal.

Dari segi biaya bahan bakar dan maintenance, penggunaan bahan bakar gas kota adalah yang termurah sedangkan solar adalah yang termahal apabila dibandingkan dari asal sumber bahan bakar yaitu *fossil fuel*. Apabila dibandingkan dengan sarana dan prasarana pembangkit listrik maka investasi sel surya adalah yang termurah.

Dari skala *Net Present Value (NPV)* dengan umur pengamatan 15 tahun maka generator dengan bahan bakar LPG memberikan nilai yang terbesar sedangkan bahan bakar gas kota (dimana jarak pipa 150 meter) ataupun solar menunjukkan nilai yang terendah dan saling berkompetisi. Dari tinjauan sarana dan prasarana maka penggunaan sel surya memberikan nilai NPV terendah.

Peninjauan atas lamanya pemadaman listrik ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 4- 27 : Perbandingan konfigurasi atas lama pemadaman listrik

KONFIGURASI GENERATOR (1+0)	LAMA PEMADAMAN LISTRIK PLN DALAM 1 MINGGU (JAM) *	KETERANGAN
Generator Bahan Bakar LPG	17.8	
Generator Bahan Bakar CNG	18	
Generator Bahan Bakar Gas Kota	93	JARAK PIPA DISTRIBUSI 50 METER

Pada tabel tersebut menggambarkan bahwa untuk statistik pemadaman listrik PLN di suatu daerah kurang dari 17.8 jam setiap minggunya, maka konfigurasi PLN dan generator dengan bahan bakar solar memberikan nilai ekonomis dibandingkan LPG, CNG ataupun gas kota. Tetapi apabila statistik menunjukkan lama pemadaman listrik lebih dari 18.8 jam setiap minggunya maka generator LPG, CNG ataupun gas kota adalah alternatif yang terbaik dibandingkan dengan generator berbahan bakar solar.

Apabila statistik menunjukkan lama pemadaman lebih dari 93 jam setiap minggunya atau boleh dikatakan peran PLN dalam memberikan jaminan listrik ke pelanggan sangat buruk, maka generator bahan bakar gas kota adalah alternatif yang terbaik. Tetapi penggunaan gas kota terbentur pada jarak pipa distribusi gas ke BTS. Pada jarak lebih dari 122 meter, penggunaan gas kota menjadi pilihan

Universitas Indonesia

yang terburuk dibandingkan dengan generator bahan bakar solar, CNG ataupun LPG. Pada kondisi terburuk ini, maka peranan sel surya dapat menggantikan alternatif tersebut, dengan catatan produk gas dan bahan bakar solar tidak tersedia atau mahal dalam pengadaannya.



BAB IV	85
PEMBAHASAN.....	85
4.1. Umum.....	85
4.2. Analisa komposisi gas kota.	85
4.3. Perkiraan kebutuhan listrik.....	86
4.4. Tipe Generator.	86
4.5. Caloric Value.	88
4.6. Kebutuhan Bahan Bakar.....	88
4.6.1. Bahan bakar Propane (LPG)..	88
4.6.2. Bahan bakar Compress Natural Gas (CNG).	89
4.6.2.1. Tabung CNG dari Fiba Technology.....	89
4.6.2.2. Tabung BBG.....	90
4.6.3. Bahan bakar gas kota.	91
4.6.4. Generator diesel atau Generator bahan bakar solar.....	91
4.7. Simulasi penggunaan listrik.....	92
4.7.1. Simulasi penggunaan listrik dari PLN dan generator.....	92
4.7.1.1. Simulasi pemakaian listrik PLN dan generator diesel bahan bakar solar.	92
4.7.1.2. Simulasi pemakaian listrik PLN dan generator gas bahan bakar LPG.	93
4.7.1.3. Simulasi pemakaian listrik PLN dan generator gas bahan bakar gas kota.	94
4.7.1.4. Simulasi pemakaian listrik PLN dan generator gas bahan bakar Compressed Natural Gas (CNG).	95
4.8. Pipa Distribusi.....	97
4.9. Investasi.....	98
4.9.1. Biaya modal (<i>Capital Expenditure - CapEx</i>) pipa gas.	98
4.9.2. Biaya modal (<i>Capital Expenditure - CapEx</i>) Generator.....	100
4.10. Perbandingan penggunaan LPG sebagai bahan bakar generator gas dengan listrik PLN untuk suplai listrik ke BTS (Skenario 1)	100
4.11. Perbandingan penggunaan CNG sebagai bahan bakar generator gas dengan listrik PLN untuk suplai listrik ke BTS (Skenario 2).....	102

- 4.12. Perbandingan penggunaan gas suplai pipa gas kota sebagai bahan bakar generator gas dengan listrik PLN untuk suplai listrik ke BTS (Skenario 3). 106
- 4.13. Pengadaan (*Supply Chain*) bahan bakar bagi energi listrik untuk BTS. 110
- 4.14. Penyediaan listrik oleh sel surya. 111
 - 4.14.1. Perhitungan sel surya. 113
- 4.15. Perbandingan investasi dan lama pemadaman listrik PLN. 114



Tabel 4- 1 : Komposisi gas kota	85
Tabel 4- 2 : Spesifikasi Generator Bahan Bakar Propane.....	87
Tabel 4- 3 : Spesifikasi Generator Bahan Bakar Gas Kota (Natural Gas).....	87
Tabel 4- 4 : Spesifikasi Generator Bahan Bakar Solar	87
Tabel 4- 5 : Kebutuhan Tabung LPG.....	88
Tabel 4- 6 : Kebutuhan Tabung CNG.....	89
Tabel 4- 7 : Spesifikasi Generator Bahan Bakar Solar	91
Tabel 4- 8 : Simulasi listrik PLN dan genset diesel sebagai tenaga cadangan.....	93
Tabel 4- 9 : Simulasi listrik PLN dan genset gas LPG	94
Tabel 4- 10 : Simulasi listrik PLN dan genset bahan bakar gas kota	95
Tabel 4- 11 : Simulasi listrik PLN dan genset bahan bakar CNG.....	96
Tabel 4- 12 : Biaya investasi pipa jenis carbonsteel diameter 2 inch.....	98
Tabel 4- 13 : Biaya Investasi Generator dan kelengkapannya	100
Tabel 4- 14 : Nilai NPV Skenario 1.....	101
Tabel 4- 15 : NPV Genset LPG (1+1) dan Genset Solar (1+1).....	102
Tabel 4- 16 : Nilai NPV Skenario 2 (Tabung disediakan oleh pemasok CNG).	102
Tabel 4- 17 : NPV Genset CNG (1+1) dan Genset Solar (1+1).....	104
Tabel 4- 18 : Nilai NPV Skenario 2 (Menggunakan tabung BBG).....	104
Tabel 4- 19 : NPV Genset gas BBG (1+1) dan Genset Solar (1+1).....	105
Tabel 4- 20 : Nilai NPV Skenario 3 (Panjang Pipa 50 meter)	106
Tabel 4- 21 : NPV Genset Gas Kota (1+1) dan Genset Solar (1+1) Jarak Pipa 50 meter.....	107
Tabel 4- 22 : Lama Pemadaman Listrik (Jam) Untuk Berbagai Jarak Pipa.....	108
Tabel 4- 23 : Nilai NPV untuk berbagai jarak pipa dari distribusi utama ke metering dengan konfigurasi genset gas kota (1+1)	109
Tabel 4- 24 : Biaya Investasi Sel Surya untuk BTS	113
Tabel 4- 25: NPV Sel Surya dan PLN	114
Tabel 4- 26 : Biaya Investasi generator (Kondisi tidak ada jaringan PLN).....	114
Tabel 4- 27 : Perbandingan konfigurasi atas lama pemadaman listrik	115
Gambar 4 - 1 : Flow biaya pemakaian listrik BTS	92

Gambar 4 - 2 : Kebutuhan Solar (Liter) Dalam 1 Tahun Untuk Generator Cadangan	93
Gambar 4 - 3 : Kebutuhan LPG (MMBTU) Dalam 1 Tahun Untuk Generator Cadangan	94
Gambar 4 - 4 : Kebutuhan Gas Kota (MMBTU) Dalam 1 Tahun Untuk Generator Cadangan	95
Gambar 4 - 5 : Kebutuhan CNG (M ³) Dalam 1 Tahun Untuk Generator Cadangan	96
Gambar 4 - 6 : Layout rencana penyaluran bahan bakar dan tata letak sel surya	97
Gambar 4 - 7 : Perkiraan Biaya Investasi Pipa 2 inch	99
Gambar 4 - 8 : Lama pemadaman listrik PLN untuk genset gas LPG.....	101
Gambar 4 - 9 : Lama pemadaman listrik PLN untuk genset gas CNG.....	103
Gambar 4 - 10 : Lama pemadaman listrik PLN untuk genset gas BBG.....	105
Gambar 4 - 11 : Lama Pemadaman Listrik Untuk Genset Gas Kota (Jarak pipa 50 meter).	107
Gambar 4 - 12 : Nilai NPV untuk berbagai jarak pipa dan konfigurasi genset lainnya	109
Gambar 4 - 13 : Radius Suplai Bahan Bakar ke BTS.....	111
Gambar 4 - 14 : Posisi Pulau Untung Jawa.....	113

²⁷ www.Fibatech.com

²⁸ Paul Wang, 2007. Studi Pengembangan Infrastruktur BBG Untuk Melayani Sistem Transportasi Umum di DKI Jakarta. Universitas Indonesia.

²⁹ http://www.isuzu-astra.com/pickup_std_1.php

³⁰ <http://www.tempointeraktif.com/hg/bisnis/2009/12/22/brk.20091222-215129.id.html>. Pemerintah Akan Subsidi Ongkos Angkut BBM Bersubsidi

³¹ http://www.sumseprov.go.id/index.php?pageNum_rss=1&totalRows_rs=140&module=newsdetail&id=774. Ongkos Angkut BBM ke APMS dan SPBB Turun Rp 5

³² <http://www.tribunkaltim.co.id/read/artikel/6110>. OP Elpiji di Tiga Kota

³³ <http://bataviase.co.id/node/115894> "Listrik Transportasi Hambat Investasi"