

ANALISIS PENURUNAN BIAYA POKOK PENYEDIAAN TENAGA LISTRIK BELAWAN DENGAN REPOWERING PLTU BELAWAN 4X65 MW MENJADI PLTGU 500 - 600 MW

Eri Prabowo ¹, Agung Hariyanto²; Wijang Setiyo Purwoko³

Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknik - PLN

¹eri.prabowo@indonesiapower.co.id; ²agung.hariyanto@sttpln.ac.id;

³wijangsetiyo@gmail.com

Abstract : Belawan steam power plant has been operating since 1984 with a configuration of 4 x 65 MW. The Belawan power plant is designed to operate with Marine Fuel Oil (MFO) fuel oil. By age, the Belawan power plant has exceeded its design life (the average design life of the plant is 25 to 30 years) and has decreased its power (Derating) and efficiency. So with the condition causes the Cost of Supply Power Supply is not competitive in North Sumatra System with Levelized Tariff value of 2,485.13 (Rp / kWh). From the study of the implementation of Repowering for Belawan steam power plant with configuration per unit of 1-1-2 resulted in Plant efficiency and Heat Rate better than the configuration per unit of 1-1-1. Estimated investment cost of Repowering Belawan Power Plant Configuration 2x260 MW is US \$ 500,680,375.63 * Rp. 13,556, - (December middle rate 2017) = Rp. 6,787,328,578,382,54 and the value of its Levelized Tariff is 1,196.22 (Rp / kWh). Repowering with configuration per unit of 1-1-2 has GT 260.949 MW / Unit output, Total Plant Output 739.32 MW, Heat Rate 6072.19 BTU / kWh and Plant efficiency 56.15%.

Keywords: Belawan Steam Power Plant, Marine Fuel Oil (MFO), Derating, Cost of Supply, Levelized Tariff, Repowering, Configuration, Plant efficiency, Heat Rate, Investment, Output.

Abstrak : PLTU Belawan telah beroperasi sejak Tahun 1984 dengan konfigurasi 4 x 65 MW. PLTU Belawan didesain untuk beroperasi dengan bahan bakar minyak Marine Fuel Oil (MFO). Secara umur, PLTU Belawan telah melampaui umur desainnya (rata-rata umur desain PLTU adalah 25 s/d 30 tahun) dan telah mengalami penurunan daya mampu (Derating) dan efisiensi. Sehingga dengan kondisi tersebut menyebabkan Harga Pokok Penyediaan Tenaga Listrik tidak kompetitif di Sistem Sumatera Bagian Utara dengan nilai Levelized Tariffnya sebesar 2,485.13 (Rp/kWh). Dari studi pelaksanaan Repowering untuk PLTU Belawan dengan Konfigurasi per unitnya 1-1-2 menghasilkan Plant efficiency dan Heat Rate yang lebih baik dibandingkan dengan konfigurasi per unitnya 1-1-1. Estimasi biaya investasi Repowering PLTU Belawan Konfigurasi 2x260 MW adalah sebesar US\$ 500,680,375.63 * Rp. 13,556,- (Kurs tengah bulan Desember 2017) = Rp. 6,787,328,578,382.54 dan nilai Levelized Tariffnya sebesar 1,196.22 (Rp/kWh). Repowering dengan konfigurasi per unitnya 1-1-2 memiliki keluaran GT 260.949 MW/Unit, Total Plant Output 739.32 MW, Heat Rate 6072.19 BTU/kWh dan Plant efficiency 56.15 %.

Kata kunci : PLTU Belawan, Marine Fuel Oil (MFO), Derating, Harga Pokok Penyediaan, Levelized Tariff, Repowering, Konfigurasi, Plant efficiency, Heat Rate, Investasi, Output.

I. PENDAHULUAN

Kondisi peralatan mesin yang baru akan cenderung prima dan pasti menghasilkan performa yang baik pula begitupun sebaliknya apabila kondisi

mesin sudah tua pasti akan menghasilkan performa yang tidak akan sesuai harapan. Melihat beberapa kondisi mesin-mesin pembangkit listrik milik PT PLN (Persero) ada yang sudah cukup tua dan melebihi umur pakainya. Akibat umur pembangkit

yang sudah tidak muda lagi pasti akan terdapat penurunan daya yang dihasilkan sehingga dapat mengakibatkan penurunan pelayanan kepada masyarakat.

Dari gambar 1.1 dapat dilihat PT PLN (Persero) Sektor Belawan merupakan salah satu unit kerja di lingkungan PT PLN (Persero) Pembangkitan Sumatera Bagian Utara yang terletak di Pulau Naga Putri, Desa Pulau Sicanang, Kecamatan Medan Belawan yang berjarak 24 km sebelah utara kota Medan dengan luas area 26,25 km² dan dikelilingi oleh dua muara sungai, yaitu muara Sungai Pantai dan Sungai Belawan.



Gambar 0 Layout PLTU Belawan 4 x 65 MW

PLTU Belawan telah beroperasi sejak Tahun 1984 dengan kapasitas desain 4 x 65 MW. PLTU Belawan didesain untuk beroperasi dengan bahan bakar minyak *Marine Fuel Oil* (MFO). Secara umur, PLTU Belawan telah melampaui umur desainnya (rata-rata umur desain PLTU adalah 25 s/d 30 tahun) dan telah mengalami penurunan daya mampu (*Derating*) dan efisiensi. Sehingga dengan kondisi tersebut menyebabkan Biaya Pokok Penyediaan Tenaga Listrik tidak kompetitif di Sistem Sumatera Bagian Utara.

Kajian ini untuk mendapatkan pilihan alternatif tipe pembangkit yang paling optimal dari sisi *Production Cost* (Biaya Pokok Produksi) untuk menggantikan PLTU Belawan *eksisting*. Menganalisa dan memberikan solusi untuk Pembangkit Listrik Tenaga Uap yang sudah tua agar masih mampu mencatu daya listrik ke suatu system tenaga listrik. Manfaat penelitian : meminimalkan biaya investasi untuk meningkatnya daya mampu, efisiensi pembangkit dan menurunkan Biaya Pokok Penyediaan Tenaga Listrik serta kehandalan suplai energi listrik pada

Sistem Sumatera Bagian Utara; Meningkatkan penggunaan bahan bakar gas secara keseluruhan serta mengurangi pemakaian bahan bakar minyak (BBM) guna mengurangi pencemaran akibat dampak emisi gas buang.

II. TINJAUAN PUSTAKA

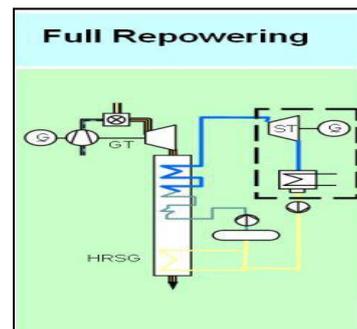
Untuk mengurangi pemakaian BBM, PLN berencana mengalihkan pemakaian BBM ke gas dengan membangun PLTG, PLTGU dan PLTMG serta penggunaan campuran biofuel pada PLTD. Langkah *Fuel Switching* secara langsung juga akan mengurangi emisi Gas Rumah Kaca karena faktor emisi gas lebih rendah dari pada faktor emisi BBM.

Dalam hal peningkatan efisiensi termal, meminimalkan resiko dampak lingkungan dan kontinuitas suplai bahan bakar primer gas alam dari Arun, maka investasi untuk pembangkitan di sektor Belawan disarankan berbasiskan teknologi pembangkit PLTGU (*Combined Cycle Power Plant*).

Dalam perencanaan desain dan Konsep, ada beberapa alternatif pemilihan konfigurasi dalam pelaksanaan *Repowering* antara lain:

1. Full Repowering

Full Repowering didefinisikan sebagai mengganti *Boiler eksisting* dan aksesorisnya secara keseluruhan dengan sebuah kombinasi dari satu atau lebih Turbine Gas (GT) dan *Heat Recovery Generator* (HRSG) dengan tetap memanfaatkan kembali Turbine Uap (ST) *eksisting* dan dikombinasikan dengan peralatan peralatan BOP *eksisting*. Gambar 2.1 dibawah menampilkan skema *Full Repowering* paling sederhana.



Gambar 2.1 Full Repowering

Alternatif-alternatif rancangan yang memungkinkan untuk diterapkan di pembangkitan belawan tersebut antara lain:

1. Pemanfaatan gas buang PLTG untuk *Heat Recovery Steam Generator* (HRSG) sebagai pengganti *Boiler* tanpa tambahan *Burner* (ruang bakar tambahan) dengan konfigurasi 1 (satu) *Gas Turbine* (GT) – 1 (satu) HRSG – 1 (satu) *Steam Turbine* (ST) sehingga nantinya akan terdapat 4 (empat) *Gas Turbine* (GT) – 4 (empat) HRSG – 4 (empat) *Steam Turbine* (ST). Konfigurasi 1-1-1 diatas bersifat independen dengan konfigurasi lainnya.
2. Pemanfaatan gas buang PLTG untuk *Heat Recovery Steam Generator* (HRSG) sebagai pengganti *Boiler* tanpa tambahan *Burner* (ruang bakar tambahan) dengan konfigurasi 2 (dua) *Gas Turbine* (GT) – 2 (dua) HRSG – 4 (empat) *Steam Turbine* (ST) dengan menambahkan pipa penampung utama (*Steam Header*) setelah 1 (satu) unit HRSG yang akan mensuplai uap panas (*Steam*) ke 2 (dua) *Steam Turbine* dan *Steam Header* lainnya untuk mensuplai *Steam* dari HRSG lainnya ke 2 (dua) *Steam Turbine* lainnya.
3. *Hybrid Repowering*
Hybrid Repowering adalah suatu usaha memperbaiki/menambah daya suatu pembangkit dengan cara mengganti jenis peralatan/tipe pembangkit dengan harapan daya dan equipment/peralatan menjadi lebih baik sehingga meningkatkan daya dan kehandalan suatu pembangkit tersebut. Dalam sistem *Hybrid Repowering* dapat dikategorikan sebagai berikut :

a. *Parallel Repowering*

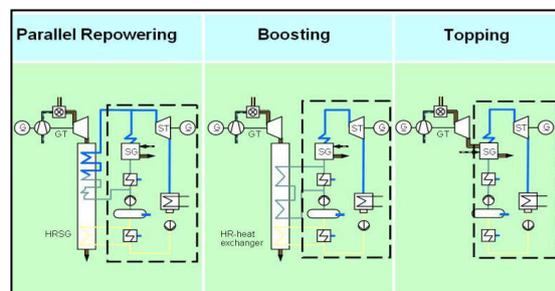
Dalam konsep *Parallel Repowering*, *Boiler* tetap beroperasi dan tidak diganti, akan tetapi ada tambahan *Steam* dari HRSG di beberapa tingkat tekanan tergantung pada kondisi untuk tambahan daya pada saat *Peaker* atau *Base Load* sesuai dengan kemampuan *Steam Turbine* yang ada.

b. *Topping*

Topping atau juga disebut *Hot Windbox Repowering* mengacu pada konversi siklus steam ke siklus *Combined Cycle*. Gas buang dari *Gas Turbine* digunakan sebagai pemanas awal udara untuk membakar campuran bahan bakar utama dalam *Boiler*. Dengan kata lain, *Gas Turbine* diasumsikan sebagai *Forced-Draft Fan* dalam sistem *Boiler Conventional /Turbine Unit*.

c. *Boosting*

Boosting adalah bentuk lain dari *Parallel Repowering* tetapi penambahan HRSG tidak dirancang untuk meningkatkan *Steam Superheater* untuk digunakan pada *Steam Turbine*, tapi hanya untuk memanaskan *Condensate* dan/atau *Feedwater* yang mengalir ke *Boiler*.



Gambar 2.6 Diagram Skematik Gambar 2.2 Konsep *Hybrid Repowering* (bingkai hitam putus-putus mewakili bagian yang digunakan kembali dari PLTU)

Dari gambar 2.2 diatas mengenai diagram skematik sederhana konsep *Hybrid Repowering*, dapat dilihat memiliki nilai Efisiensi yang rendah serta akan memerlukan lahan yang lebih luas karena masih memanfaatkan *Boiler Eksisting* jika dibandingkan dengan konsep *Full Repowering* seperti gambar 2.1 yang sudah tidak memakai lagi *Boiler Eksisting* sehingga dengan pertimbangan luasan lahan serta efisiensi, konsep *Full Repowering* dapat dipertimbangkan untuk dipilih dan diterapkan.

Penerapan *Hybrid Repowering* di pembangkitan belawan sebagaimana yang dijelaskan pada gambar 2.2 diatas,

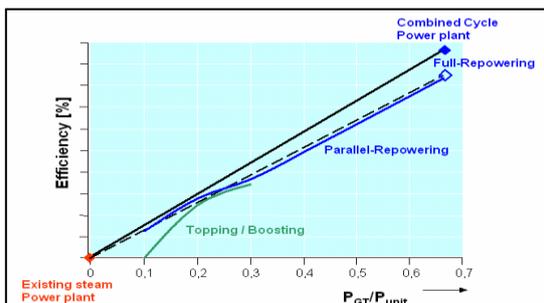
sangatlah tidak dimungkinkan untuk beberapa alasan antara lain:

1. Penambahan unit HRSG baru tanpa membongkar *Boiler eksisting* sangat tidak dimungkinkan karena lahan yang tersedia tidak mencukupi.
2. Penambahan unit *Gas Turbine* dan HRSG baru tidak memiliki peran maksimal kalau hanya sekedar diterapkan pada *Topping* dan *Bosting Repowering*, tidak sebanding dengan investasi yang dikeluarkan.

Sedangkan konsep *Rehabilitation* adalah melakukan perbaikan dan penggantian beberapa bagian di daerah *Boiler* dan *Steam Turbine* yang dianggap sudah rusak dengan tujuan mengembalikan kemampuan *Boiler* dan *Steam Turbine* kepada desain semula. Untuk peralatan yang telah melewati umur teknisnya, masih akan ada penurunan kemampuan meskipun tidak sebesar apabila tidak ada perbaikan atau penggantian.

Karena konsep *Rehabilitation* hanya sekedar memperbaiki atau mengganti peralatan, maka *output* yang didapatkan adalah daya mampu dari *Steam Turbine* dimungkinkan akan kembali ke *design* atau efisiensi semula, namun tidak sebesar efisiensinya apabila dilakukan *Repowering*.

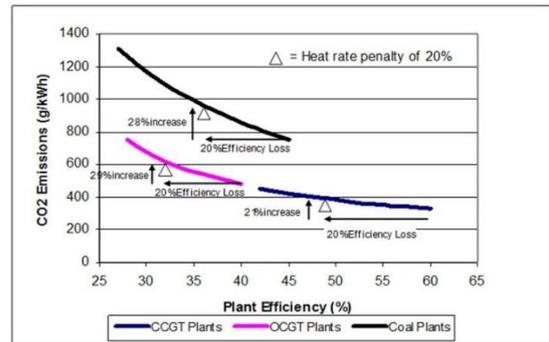
Gambar 2.3 dibawah akan menggambarkan tingkat efisiensi yang dapat dicapai dengan jenis-jenis *Repowering* yang ada dan tergantung pada *Rasio Output Gas Turbine* (PGT) untuk *Output* pembangkit listrik Total (Punit) dari unit *Repowering*.



Gambar 2.3 Karakteristik Tingkat Efisiensi Yang Dapat Dicapai

Pada proses *Repowering*, selain peningkatan kinerja ada dampak langsung pada emisi yang terlihat pada Gambar 2.4.

Untuk PLTU yang sudah lama beroperasi misalnya memiliki efisiensi 30%, dengan penggunaan *Full Repowering* bisa meningkatkan efisiensi sekitar 58% dan Emisi CO₂ akan berkurang seperti terlihat dalam gambar 2.12.



Gambar 2.4 Komparasi spesifik emisi CO₂

PLTU Belawan saat ini mempunyai efisiensi thermal sekitar 30% (jumlah *Steam* yang dihasilkan dari *Boiler* mengalami penurunan cukup signifikan sementara *input* bahan bakar cenderung tetap), sehingga berdasarkan dari skematik pada gambar 2.4 diatas, pelaksanaan *Repowering* dapat dipertimbangkan untuk dilakukan.

III. METODE PENELITIAN

Dari asumsi perhitungan yang dilakukan, dihasilkan *Levelized Tariff* untuk PLTU Belawan 4x65 MW sesuai pada table 3.1 sebagai berikut:

Tabel 3.1 *Levelized Tariff* untuk PLTU Belawan 4x65 MW

NO.	KOMPONEN	LEVELLIZED TARIFF (Rp/kWh)
1	A	40.15
2	B	39.39
3	C	2,390.67
4	D	14.91
	TOTAL ABCD	2,485.13

Dari tabel 3.1 *levelized tariff* diatas, sehingga dapat diperoleh perhitungan Biaya Pokok Produksi PLTU sebagai berikut:

Perhitungan biaya pokok produksi PLTU Belawan

$$= CF * \text{Nett Plant Capacity} * 8760 * \text{Tariff}$$

$$= 60\% * 234.000 * 8760 * 2,485.13 \text{ Rp/kWh}$$

$$= \text{Rp. 3,056,473,229,306}$$

Sedangkan pendapatan PT PLN (Persero) dari hasil penjualan kWh Produksi per tahun berdasarkan tarif jual listrik yang telah ditetapkan pemerintah dapat dihitung menggunakan rumus:

Pendapatan PLN

$$= CF * \text{Nett Plant Capacity} * 8760 * \text{tariff jual listrik}$$

$$= 60\% * 234.000 * 8760 * 1467.28 \text{ Rp/kWh}$$

$$= \text{Rp. 1,804,613,541,120}$$

Sehingga kerugian PT PLN (Persero) dapat dihitung sebagai berikut:

Kerugian PT. PLN (Persero) = Pendapatan PLN dari penjualan kWh berdasarkan tariff jual listrik - Biaya Pokok Produksi PLTU

$$= \text{Rp. 1,804,613,541,120} - \text{Rp. 3,056,473,229,306}$$

$$= \text{Rp. (1,251,859,688,186) per tahun}$$

Maka dari pengoperasian PLTU Belawan 4x65 MW menggunakan (*Marine Fuel Oil*) MFO PT PLN (Persero) mengalami kerugian sebesar Rp. **(1,251,859,688,186),- per tahun.**

Pola konfigurasi *Repowering* PLTU Belawan memperhitungkan bahwa ada sekitar 40% energi yang terbuang melalui cerobong dari *Gas Turbine* yang bisa dimanfaatkan kembali untuk menghasilkan *Steam* didalam HRSG untuk menghasilkan energi listrik sebesar 65 MW sesuai dengan kemampuan desain semula dari *Steam Turbine eksisting*.

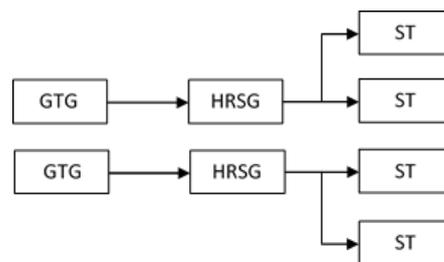
Pola Konfigurasi *Repowering* PLTU Belawan yang dapat dilaksanakan antara lain:

1. Opsi 1

Menggunakan peralatan utama dalam pelaksanaan *Repowering* yang terdiri atas:

- *Gas Turbine* 1.1 dengan kapasitas terpasang sekitar 260 MW *site condition*,

- *Gas Turbine* 1.2 dengan kapasitas terpasang sekitar 260 MW *site condition*,
- HRSG 1.1
- HRSG 1.2
- ST 1.1 dengan kapasitas terpasang sebesar 65 MW (*Eksisting*).
- ST 1.2 dengan kapasitas terpasang sebesar 65 MW (*Eksisting*).
- ST 1.3 dengan kapasitas terpasang sebesar 65 MW (*Eksisting*)
- ST 1.4 dengan kapasitas terpasang sebesar 65 MW (*Eksisting*).

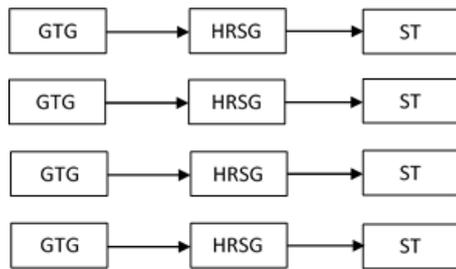


Gambar 0 Repowering dengan Pola Konfigurasi 1-1-2

2. Opsi 2

Menggunakan peralatan utama dalam pelaksanaan *repowering* yang terdiri atas :

- *Gas Turbine* 1.1 dengan kapasitas terpasang sekitar 153 MW *site condition*,
- *Gas Turbine* 1.2 dengan kapasitas terpasang sekitar 153 MW *site condition*,
- *Gas Turbine* 1.3 dengan kapasitas terpasang sekitar 153 MW *site condition*,
- *Gas Turbine* 1.4 dengan kapasitas terpasang sekitar 153 MW *site condition*
- HRSG 1.1
- HRSG 1.2
- HRSG 1.3
- HRSG 1.4
- ST 1.1 dengan kapasitas terpasang sebesar 65 MW (*Eksisting*).
- ST 1.2 dengan kapasitas terpasang sebesar 65 MW (*Eksisting*).
- ST 1.3 dengan kapasitas terpasang sebesar 65 MW (*Eksisting*)
- ST 1.4 dengan kapasitas terpasang sebesar 65 MW (*Eksisting*).



Gambar 3.2 Repowering dengan Konfigurasi 1-1-1

Dari kedua konfigurasi diatas didapatkan perhitungan finansial serta *heat* dan *mass balance* bagai berikut:

URAIAN	KONFIGURASI		KETERANGAN
	2X260 MW (Ops 1)	4X153 MW (Ops 2)	
Estimasi Biaya (US\$) :	500,680,375.63	696,673,374.17	
Gross Plant Capacity (MW) :	813.3	955.5	
Nett Plant Capacity (MW) :	739.3	868.7	
Capacity Factor (CF) :	80%	80%	
NPHR (Btu/kWh) :	5,740.00	6,651	
Tariff Calculation			
Komponen A (Rp/kWh)	260.56	307.92	
Komponen B (Rp/kWh)	45.33	53.68	
Komponen C (Rp/kWh)	876.79	1,015.94	
Komponen D (Rp/kWh)	13.56	13.56	
Levelized Tariff (Rp/kWh)	1,196.22	1,391.10	
Investment Analysis			
Discount Rate (%) :	10	10	
IRR Equity (%) :	14%	14%	Layak investasi bila IRR > Discount Rate
Payback Periode :	5 Tahun 10 bulan	5 Tahun 11 bulan	
Net Present Value (US\$) :	90,199,466	124,494,915	Layak investasi bila NPV > 0
Benefit Cost Ratio (s) :	1.17	1.17	Layak investasi bila BCR > 1

IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Dengan *levelized tariff* 2,485.13 Rp/kWh pengoperasian PLTU Belawan 4x65 MW menggunakan (*Marine Fuel Oil*) MFO mengakibatkan PT PLN (Persero) mengalami kerugian sebesar Rp. (1,251,859,688,186),- per tahun. Sedangkan Pelaksanaan *Repowering* dengan pola Pola Konfigurasi 1-1-2 (Ops 1) menghasilkan *Plant efficiency* dan *Heat Rate* yang lebih baik jika dibandingkan dengan konfigurasi 1-1-1 (Ops 2) dengan nilai *levelized tariff* 1,196.22 Rp/kWh

V. KESIMPULAN

1. Pelaksanaan *Repowering* dengan pola Pola Konfigurasi 1-1-2 (Ops 1) menghasilkan *Plant efficiency* dan *Heat Rate* yang lebih baik jika dibandingkan dengan konfigurasi 1-1-1 (Ops 2).
2. Estimasi biaya investasi *Repowering* PLTU Belawan 2 x 260 MW (Ops 1) adalah sebesar US\$ 500,680,375.63 * Rp. 13,556,- (Kurs tengah bulan Desember 2017) = Rp. 6,787,328,578,382.54.
3. Biaya Pokok Penyediaan Tenaga Listrik *Repowering* PLTU Belawan 2 x 260 MW (Ops 1) sebesar 1,196.22 Rp/kWh.

DAFTAR PUSTAKA

1. Boyce M.P. (2006). *Gas Turbine Engineering handbook*, Oxford: Gulf Professional Publishing.
2. *Equipment Specification For Combined Cycle Power Plant Performance Monitoring No. 510A3061-R578*. GE International Company: Schenectady, NY.
3. GE Energy. (2015). *2016 Gas Power Systems Products Catalog - GE Power*. General Electric Company.
4. Kehlhover Rolf. (1997). *Combined Cycle Gas and Steam Turbine Power Plant*. Penwell Publishing Company. Oklahoma.
5. Michael J. Moran & Howard N. Shapiro. (2004). Alih Bahasa Yulianto Sulisty Nugroho.P "Termodinamika Teknik".Jilid I dan II, Edisi 4. Jakarta: Erlangga.
6. Mochamad. (2005). *Analisa Efisiensi Thermal Heat Recovery Steam Generator (HRSG) Pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas Dan Uap (PLTGU) Tambak Lorok PT. Indonesia Power UBP Semarang*. Laporan Kerja Praktek. Semarang: UNDIP.
7. Nsimeon. *Sejarah Singkat Perusahaan Sektor Pembangkitan Belawan*. Januari 26, 2018. <http://nsimeon.blogspot.co.id/2015/04/sejarah-singkat-perusahaan-sektor.html>

8. *Operating Manual Heat Recovery Steam Generator Tambak Lorok Combine Cycle Power Plant Block I & II.* (1996). Austrian Energy & Environment.
9. Pequot Publishing Inc. (2015). *Gas Turbine World 2014-15 Handbook Volume 31.*
10. Petr Brzezina. (2011). *Repowering Of Steam Power Plant (STPP).* Energetika most: Alstom 2010.
11. Siemens.Com Global Website. *Repowering.* Oktober 8, 2017. <https://www.energy.siemens.com/us/en/services/fossil-power-generation/modernization-upgrades/repowering.htm#content=Description>