

STUDI KELAYAKAN PEMBANGUNAN PLTU BATUBARA

Agung Subagio
Departemen Teknik Mesin Universitas Indonesia

Abstrak

Sebelum tahap pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dengan bahan bakar batu bara dilaksanakan, perlu mengkaji beberapa bidang ilmu dan teknologi yang terkait dengan pembangunan tersebut seperti bidang teknik mesin, listrik, sipil, geologi, kimia, lingkungan, sosial dan ekonomi.

Kajian multi disiplin ilmu tersebut akan menentukan kelayakan pembangunan PLTU tersebut , termasuk jenis dan kapasitas mesin pembangkit dengan mempertimbangkan beberapa aspek seperti teknologi, dampak lingkungan fisik, sosial dan ekonomi.

Pertimbangan aspek teknologi dimulai dari ketersediaan alam seperti Sumber batubara, Sistem kelistrikan terpasang, data Topographi, Hydro-oceanographi, Geologi, Meteorologi, , data lingkungan dan demografi. Kemudian akan dipilih jenis mesin yang sesuai dengan data ketersediaan alam tersebut dengan ikut melestarikan keadaan lingkungan tanpa merusaknya.

Pemilihan jenis mesin dan kapasitas mesin saling terkait dan disesuaikan dengan kebutuhan yang dihasilkan studi kelistrikan terutama demand forecast dalam jangka waktu paling sedikit 10 tahun mendatang dan karakteristik batubara setempat, sedangkan penempatan lokasi dengan mempertimbangkan kondisi demografi, ketersediaan air baku dan pendingin, jaringan transmisi listrik, sistem transport batubara termasuk pertimbangan operasi dan pemeliharaan PLTU tersebut.

Karena pembangunan PLTU membutuhkan biaya cukup besar, maka analisa financial sangat diperlukan untuk dapat dinilai kelayakan pembangunan PLTU tersebut, sehingga pihak perbankan dapat membiayainya. Dan tak kalah pentingnya juga harus diketahui sebelumnya upaya untuk mengendalikan dampak lingkungan fisik maupun sosial dan ekonomi.

Hasil studi kelayakan PLTU tersebut akan merupakan keputusan apakah PLTU dibangun atau tidak, setelah mempelajari dari berbagai disiplin ilmu.

1. Pendahuluan

Daya listrik sangat dibutuhkan dewasa ini, mengingat akan meningkatkan taraf hidup suatu bangsa. Namun harus dilihat juga dari kemampuan bangsa itu sendiri dalam menyediakan listrik tersebut, apalagi listrik yang berasal dari energy fossil seperti minyak, gas atau batubara, yang makin lama makin habis. Diperkirakan minyak dan gas akan habis kurang dari 50 tahun, sedangkan batubara sekitar 200 tahunan. Oleh karena itu saat ini perlu memanfaatkan batubara secara benar untuk kebutuhan mesin pembangkit listrik dan harus meninggalkan minyak yang saat ini sudah menjadi mahal. Tidak beruntungnya lagi pembangkit listrik diluar jawa masih menggunakan bahan bakar minyak untuk kebutuhan tersebut. Sehingga dalam beberapa tahun kedepan perlu pembangunan pembangkit listrik tenaga listrik (PLTU) dengan bahan bakar batubara. Selain itu kurun waktu tersebut harus dapat diperoleh sumber energy lain yang terbarukan untuk dapat melanjutkan kehidupan manusia selanjutnya dimuka bumi

2. Tujuan studi kelayakan PLTU

Akan diperoleh kajian yang lengkap untuk pembangunan PLTU mulai dari ukuran daya listrik yang diperlukan dalam beberapa tahun mendatang, jenis mesin yang cocok, pemilihan lokasi yang tepat, manfaat dari sisi financial dan perekonomian serta tidak mempunyai dampak negative terhadap lingkungan fisik, tetapi mempunyai dampak positif terhadap lingkungan sosial-ekonomi

3. Metodologi

Metodologi yang digunakan dalam kajian adalah penyelidikan lapangan dan pengujian di laboratorium, serta analisa perhitungan mesin PLTU yang dipertimbangkan dari aspek teknologi, ekonomi dan lingkungan.

3.1 Penyelidikan lapangan

3.1.1 Perencanaan sistem kelistrikan

Pendataan rencana dan yang terpasang sistem



kelistrikan disesuaikan dengan rencana pembangunan regional, demand & forecast untuk 10 tahun.

3.1.2 Sumber batubara

Pendataan perusahaan penambang batubara, potensi, karakteristik dan produksinya termasuk harganya serta jalur transportasinya.

Karakteristik batubara akan menentukan jenis boiler yang dipilih, agar efisiensi pembakaran dalam boiler maximal. Sedangkan jarak pertambangan dan jenis transportasi akan berpengaruh terhadap harga batubara di lokasi PLTU.

Umumnya batubara di Indonesia memiliki karakteristik: Nilai kalor (4000s/d7000 kcal/kg), Carbon (25s/d41%), Sulfur (0.1s/d1.5%), Ash (1s/d2.5%), Moisture (20s/d40%).

3.1.3 Hidro-oceanografi

PLTU akan memerlukan cukup banyak air, oleh karena itu perlu mengetahui sumber air, baik untuk air pendingin, air baku boiler dan air domestic.

Debit dan pasang surut sungai serta bathymetri laut perlu diketahui, khususnya untuk air pendingin.

3.1.4 Ketersediaan tata guna lahan

Terkait dengan penentuan lokasi dan tapak yang dilanjutkan dengan survey topografi, geology, tanah, gempa, sedimentasi sungai dan air laut, klimatologi, lingkungan awal terhadap kondisi fisik, sosial dan ekonomi masyarakat sekitarnya. Sumber material dan peralatan penunjang konstruksi serta fasilitas laboratorium, jalan dan tenaga kerja setempat. Pemilihan lokasi akan dinilai dengan beberapa parameter, seperti faktor pembebasan lahan, konstruksi pembangkit, distribusi jaringan listrik dan transportasi batubara

3.2 Pengujian laboratorium

Beberapa jenis pengujian di laboratorium seperti : pengujian sifat kimia dan biologi air tawar dan air laut, pengujian kekerasan tanah dan batuan, pengujian karakteristik batubara, pengujian kualitas udara, flora dan fauna.

4. Analisa dan perhitungan mesin pembangkit

Beberapa analisa dan perhitungan diperlukan dalam pembangunan PLTU, baik kapasitas maupun jenis mesinnya seperti dalam uraian berikut ini :

4.1 Studi kelistrikan

Dengan diketahui neraca balance selama 10 tahun serta memperhitungkan demand & forecast, maka akan diketahui kapasitas mesin yang diperlukan. Dari data jaringan listrik yang terpasang dan rencana pengembangan perlu dilakukan analisa dan perhitungan mengenai aliran daya listrik dan short circuit, sehingga kerugian aliran daya listrik dan arus short circuit dapat diketahui dan masih dalam batas yang diizinkan. Karena kompleksnya perhitungan, biasanya digunakan perangkat lunak ETAP. Dalam neraca daya yang dibuat selama 10 tahun termasuk didalamnya memperhitungkan demand & forecast dan kondisi kebutuhan daya lisrik saat ini serta daftar permintaan sambungan tenaga listrik, maka akan diketahui kapan dan berapa kapasitasnya PLTU harus dibangun. Setelah mengetahui kapasitas PLTU dan letak dalam jaringan listrik, maka akan diketahui aliran daya yang terjadi dan analisa hubung singkat yang diukur dengan persentasi aliran daya dan arus yang diizinkan, apabila terjadi hubung singkat. Contoh hasil studi kelistrikan dapat dilihat pada lampiran 1, 2, 3 dan 4.

4.2 Heat balance

Setelah mengetahui kapasitas mesin pembangkit yang akan dibangun, maka perhitungan heat balance perlu dilakukan untuk mengetahui jumlah batubara, aliran uap, air pendingin condenser, extraksi uap sebagai pemanas air condensate, udara dan asap boiler, kapasitas pompa air boiler dan condensate, termasuk kinerja PLTU yakni efisiensi termal dan heat ratenya. Perhitungan heat balance dapat menggunakan perhitungan manual ataupun perangkat lunak seperti Jet cycle atau Cycle tempo.

Dengan diketahui besaran utama dari komponen utama mesin PLTU, maka tata-letak mesin dapat dibuat termasuk optimasinya.

Contoh hasil perhitungan Heat Balance menggunakan Cycle tempo dapat dilihat pada lampiran 5.

4.3 Penyebaran emisi asap

Setelah diketahui aliran asap, karakteristik batubara, tinggi & diameter cerobong dan kecepatan & arah angin, maka penyebaran emisi asap akan diketahui pada jarak-jarak tertentu dari PLTU dan emisi asap biasanya terdiri dari NO_x, SO_x, partikel abu yang akan berakibat



mencemari lingkungan. Persyaratan penyebaran emisi asap telah diatur oleh Kementerian Lingkungan Hidup. Perhitungan penyebaran emisi asap biasanya menggunakan perangkat lunak seperti Gaussian Plume Model (lampiran 11). Contoh perhitungan Emisi gas pada lampiran 6.

4.4 Penyebaran panas air pendingin

Apabila pendingin condenser menggunakan air laut / sungai secara langsung dan panas buangannya akan memanaskan air laut / sungai, maka perlu diperhitungkan jarak antara pengambilan air masuk dan pembuangan air keluar dari PLTU agar air masuk ke condenser tidak ikut kepanasan, karena akibatnya akan mempengaruhi kinerja PLTU, seperti kenaikan air masuk condenser 1°C akan menurunkan efisiensi termal beberapa %. Oleh karena itu perlu perhitungan yang mendetail dengan beberapa parameter yang mempengaruhinya antara lain: volume control air laut/sungai, arus laut/sungai, suhu dan kelembaban udara permukaan air, kecepatan angin, jarak air masuk dan keluar dan lainnya.Untuk memudahkan perhitungan biasanya menggunakan software CFD seperti Fluent dan lainnya. Contoh hasil perhitungan penyebaran panas air pendingin pada lampiran 7.

4.5 Perhitungan kebutuhan bangunan penunjang

Setelah kapasitas mesin PLTU diketahui, maka dapat diperkirakan jumlah operator dan petugas lainnya, sehingga kebutuhan bangunan penunjang dapat diperhitungkan. Selain Power house, bangunan penunjang diperlukan seperti : Gedung Administrasi, Workshop dan storage, Perumahan operator, Bangunan Balance of Plant, Bangunan sosial dan peribadahan, Rumah keamanan, Bangunan intake water dan Jetty, dan lain sebagainya. Dengan hasil penyelidikan tanah dan pengujiannya di laboratorium, maka jenis fondasi dan struktur bangunan dapat direncanakan, sehingga harga bangunan dapat diperkirakan. Layout PLTU dapat dilihat pada lampiran 8 dan gambar potongan peralatan utama terlihat dalam lampiran 12.

4.6 Analisa financial

Dimulai dari perhitungan biaya Engineering, Procurement, dan Construction termasuk pajak, bunga, contingencies maka akan diketahui total investasi yang diperlukan. Kemudian dihitung biaya produksi listrik yang terdiri dari capital recovery (A),

biaya bahan bakar (C), biaya operasi dan pemeliharaan (B+D) dan biaya jaringan distribusi listrik (E).Kedua perhitungan diatas merupakan komponen pengeluaran dan pendapatan, yang dapat dijabarkan dalam usaha pengelolaan PLTU dalam kurun waktu beberapa tahun (biasanya minimal 20 tahun), sehingga akan diketahui kemampuan dan waktu pengembalian modal, keuntungan dan lainnya (biasanya diukur dalam IRR, NPV, B/C ratio

Contoh perhitungan Tarif Dasar Listrik dan Analisa Financial dapat dilihat pada lampiran 9 dan 10.

4.7 Analisa lingkungan hidup

Dalam pembangunan dan operasi PLTU khususnya yang berbahan batubara, telah dipertimbangkan beberapa hal yakni :

Untuk mengurangi abu keluar dari asap, dipergunakan alat penangkap abu (ESP) yang dapat menangkapnya sampai 99.95 %, sehingga abu yang terbawa keluar hanya 0.05 %.

Apabila kandungan Sulfur dalam batubara cukup banyak, maka dapat dipergunakan alat de-sulfurization atau dipilih jenis boiler Fluidized bed yang menggunakan campuran limestone untuk menangkap Sulfurnya. Dengan tinggi dan diameter cerobong dapat diperkirakan penyebaran emisi gas dalam tingkat aman. Semua air yang memiliki pollutant harus diolah terlebih dahulu, sebelum dibuang ke lingkungan alam.

4.8 Perhitungan kebutuhan batubara

Dari diagram heat balance diketahui parameter air masuk ke boiler, uap keluar boiler, dan uap keluar melalui Blowdown sebagai berikut :

Parameter air masuk boiler : 44 bar, 104 C, 439.17 kJ/kg, 4.366 kg/s

Parameter uap keluar superheater : 38.2 bar, 450 C, 3333.47 kJ/kg, 3.973 kg/s

Parameter uap keluar blowdown dan masuk ke De-aerator : 44 bar, 256.05 C,

1115.29 kJ/kg, 0.393 kg/s

Ketiga parameter tersebut merupakan energy yang dibutuhkan dari hasil pembakaran batubara, sehingga keseimbangan panas terlihat sebagai berikut :



Asumsi heating value batubara : 3800 kcal/kg atau 15907 kJ/kg dan efisiensi boiler = 80 %

H keluar superheater + H keluar blowdown&masuk Deaerator - H air masuk boiler akan merupakan panas pembakaran batubara x efisiensi boiler , jadi :
Masa batubara : $((3.973 \times 3333.47 + 0.393 \times 1115.29) - 4.366 \times 439.17) / 0.8 \times 15907 = 0.92 \text{ kg/s} = 3312 \text{ kg/jam.}$

Untuk PLTU kapasitas 2x3 MW, masa BB = $2 \times 3312 = 6642 + \text{losses } 10\% = 7300 \text{ kg/jam}$ atau 175 ton/hari atau 5250 ton/bulan

4.9 Perhitungan heat rate

Heat rate PLTU merupakan nilai kalor bahan bakar nilai produksi listrik atau biasa digunakan satuan berapa kcal/kWh.

Hal tersebut dapat diketahui dengan mengetahui terlebih dahulu efisiensi termal PLTU, yakni: Eff.thermal nett = kW generator nett-output/ kW input in coal : $3000 \text{ kW} / 0.92 \times 15907 \text{ kW} = 20.5\%$, Eff.thermal gross= $3350 \text{ kW} / 0.92 \times 15907 \text{ kW} = 22.9\%$, sehingga didapat :

Nettplant Heat rate (NPHR) = $860 / 0.205 = 4195 \text{ kcal / kWh}$ dan

Gross plant Heat rate (GPHR) = $860 / 0.229 = 3755 \text{ kcal / kWh.}$

4.10 Perhitungan Air Pendingin Condenser

Dari diagram Heat balance PLTU, dapat diketahui heat balance setiap peralatan seperti condenser, dimana panas yang dilepas uap masuk/keluar condenser akan diserap oleh air pendingin.

Dengan asumsi efisiensi condenser 90 % , maka kebutuhan air pendingin adalah $223.024 / 0.90 = 247.8 \text{ kg/s} = 892 \text{ ton/jam.}$

Untuk kapasitas 2x3 MW , dibutuhkan air pendingin sebesar $2 \times 892 = 1784 \text{ ton/jam.}$

Kebutuhan air pengisi cooling tower merupakan jumlah air yang ditambahkan akibat adanya kebocoran dan penguapan yang diperkirakan sebanyak 2 % (dari spesifikasi Cooling tower), sehingga jumlah air pengisi tersebut sebesar $2\% \times 1784 \text{ ton/jam} = 36 \text{ ton/jam} = 600 \text{ liter/menit.}$

4.11 Air pengisi Boiler (make Up Water)

Dari diagram Heat balance diketahui masa air yang masuk ke boiler adalah 4.366 kg/s dan diperhitungkan

steam boltdown dan losses sebesar 10 % , maka air pengisi boiler diperkirakan $0.10 \times 4.366 = 0.436 \text{ kg/s}$ atau 1570 kg/jam atau 1,6 ton / jam.

Untuk PLTU 2x3 MW, maka air pengisi ketel adalah $2 \times 1,6 = 3.2 \text{ ton/jam}$ atau 55 liter/menit, yang juga merupakan kapasitas produksi air non-mineral (demineralized water) minimum yang diperlukan.

Air baku untuk air non-mineral diperoleh dari air sungai melalui kolam penjernihan kemudian dengan proses Reverse Osmosis dan Anion-cation exchanger

4.12 Perhitungan kebutuhan bangunan

Diluar Power house & Control room, beberapa bangunan diperlukan sebagai penujang beroperasinya PLTU, seperti gedung administrasi, kantin, bengkel, mess untuk operator, rumah jaga, mushola dll.

Perkiraan luas gedung administrasi berdasarkan jumlah karyawan dengan luasan per orang sekitar $9 \text{ m}^2 \times 50 \text{ karyawan} = 450 \text{ m}^2$

Perkiraan luas kantin dan mushola dapat dihitung bersamaan, yakni 50% jumlah karyawan $x 2 \text{ m}^2 = 50 \text{ m}^2$

Perkiraan luas bengkel dapat dihitung dengan jumlah peralatan yang ada, yakni sekitar ada 10 alat bengkel $\times 10 \text{ m}^2 = 100 \text{ m}^2$

Perkiraan luas mess operator dapat dihitung dengan jumlah operator yang bekerja, 30 operator $\times 12 \text{ m}^2 = 360 \text{ m}^2$

5. Kesimpulan

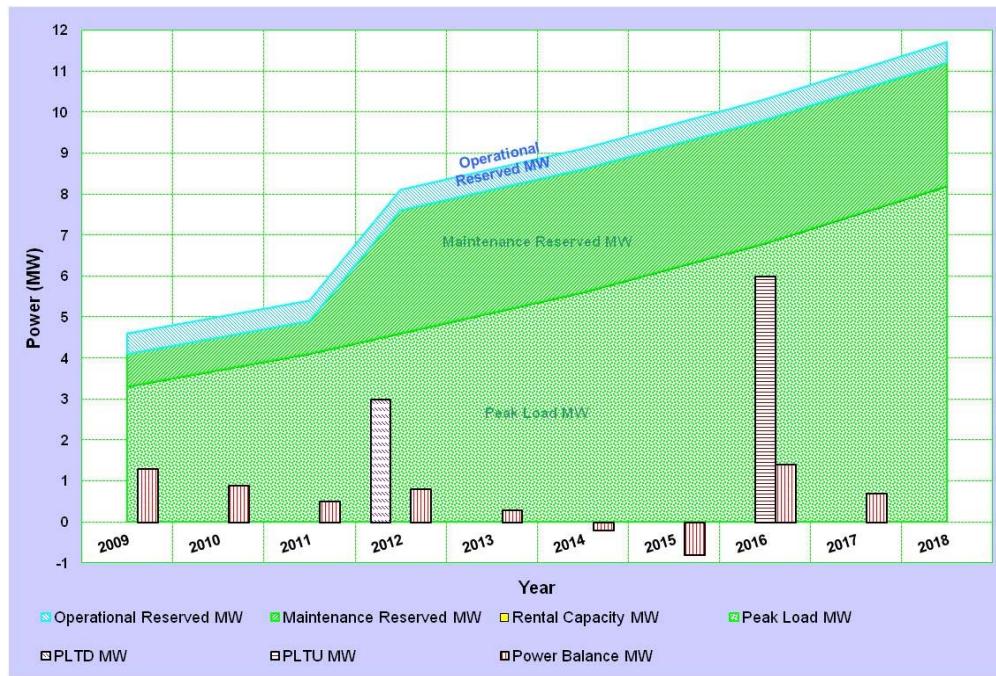
Dengan uraian diatas seluruh parameter peralatan PLTU diketahui, sehingga spesifikasi teknik seluruh peralatan PLTU dapat dibuat untuk keperluan pengadaan dan konstruksinya.

Analisa keuangan sangat diperlukan, sehingga beberapa parameter keuangan diketahui seperti Benefit ratio, IRR, NPV dan Payback periods. Hal tersebut memungkinkan mendapat persetujuan pinjaman dari Lembaga Keuangan setelah dievaluasi terlebih dahulu. Selain hasil studi teknis dan keuangan memenuhi persyaratan, maka rencana usaha pengendalian lingkungan harus dibuat dan dilaksanakan agar kelestarian lingkungan terjaga dengan baik



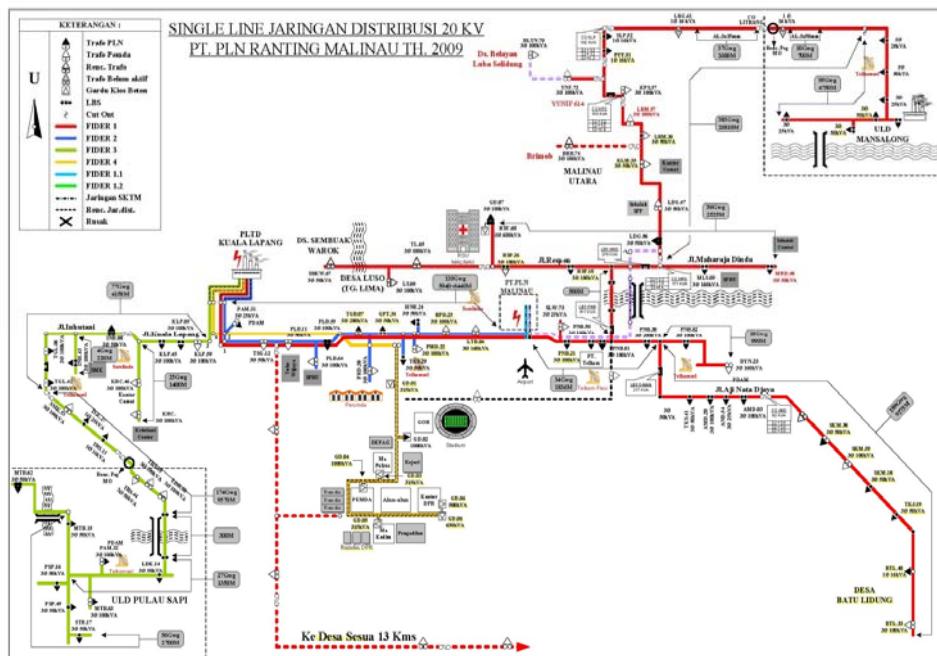
Lampiran 1.

Pertumbuhan dan kesetimbangan daya listrik di Malinau



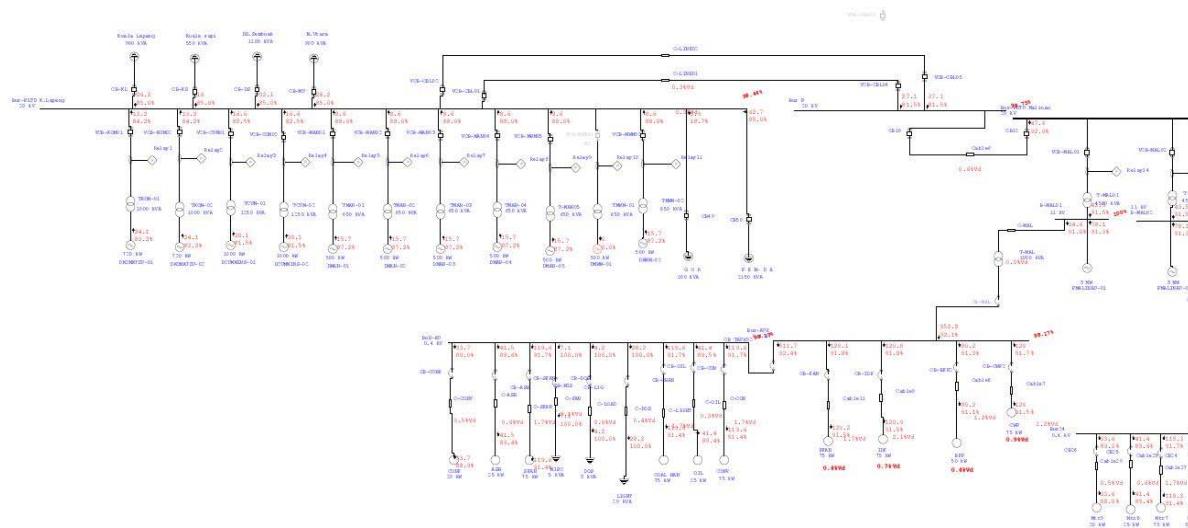
Lampiran 2

Single line diagram sistem kelistrikan Malinau



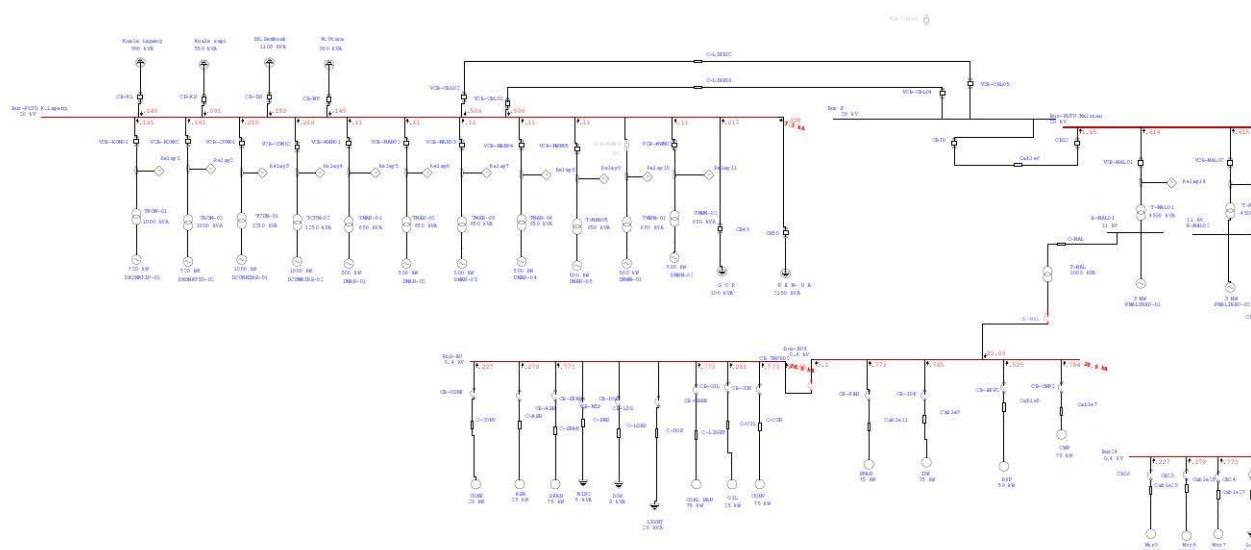
Lampiran 3

Electrical Load Flow study



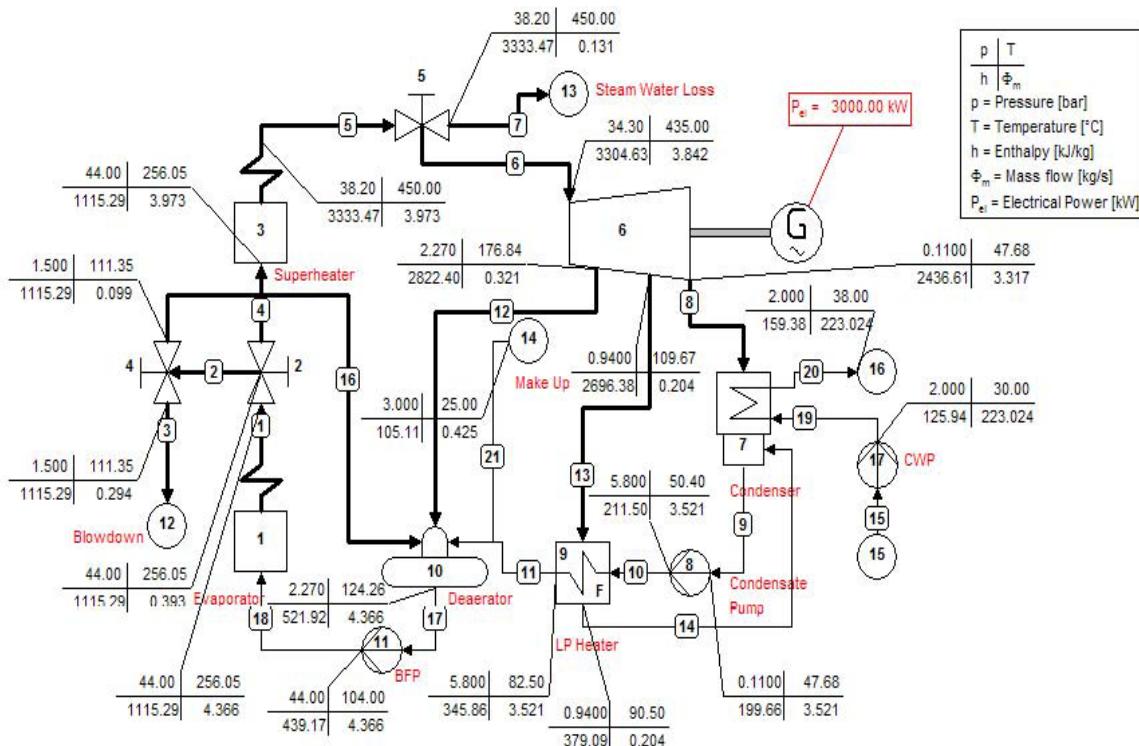
Lampiran 4

Electrical short circuit study



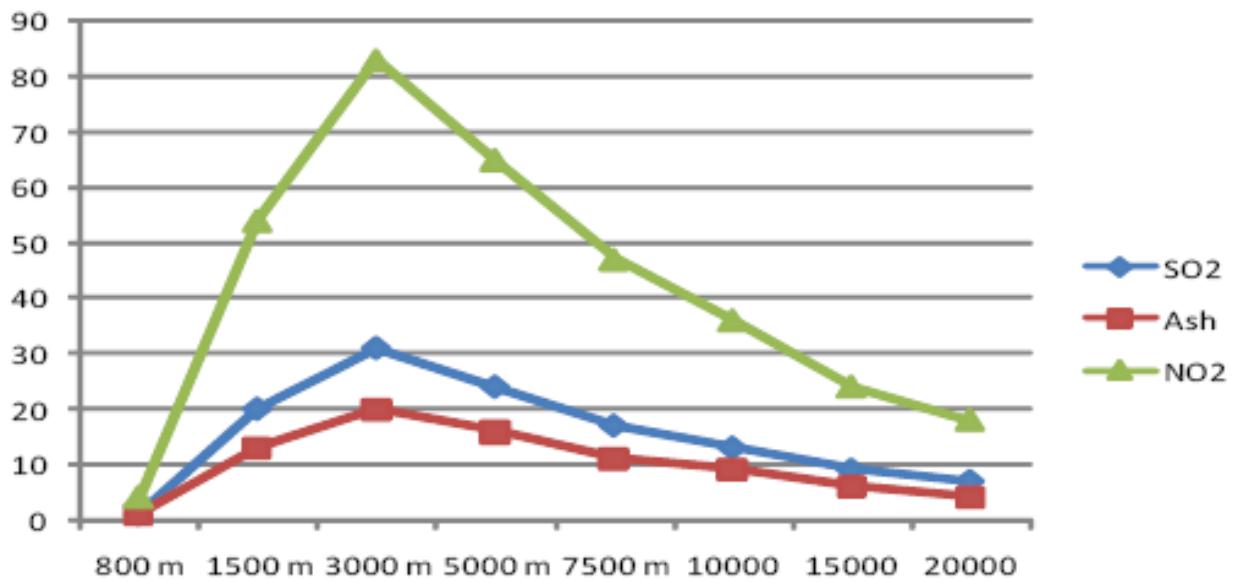
Lampiran 5

Heat balance PLTU - M 3 MW (nett)



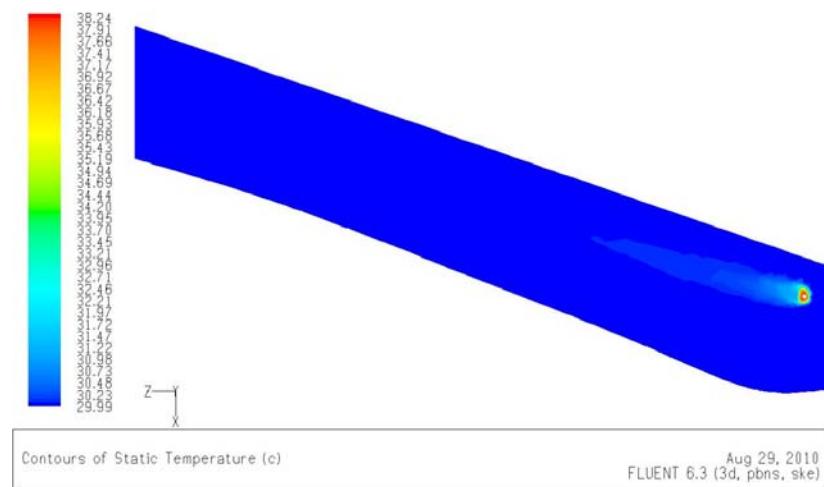
Lampiran 6

Hasil perhitungan Emisi Gas PLTU M 3 MW



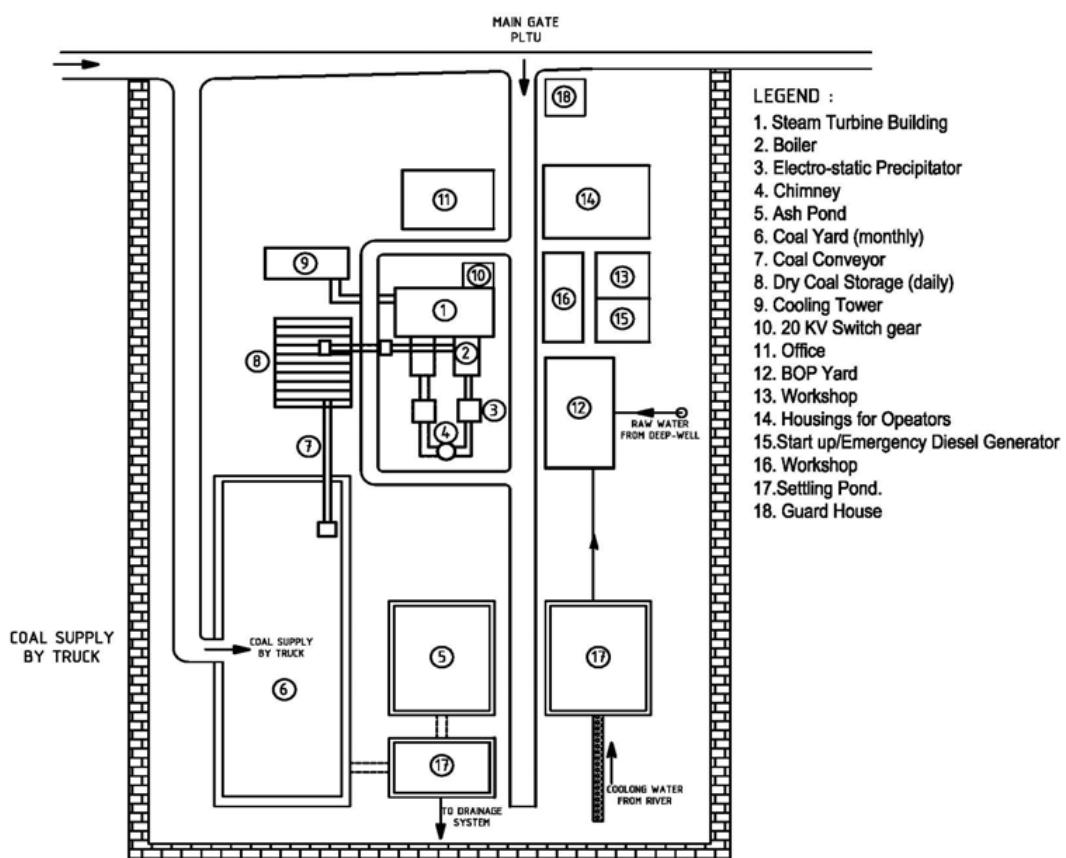
Lampiran 7

Sea water thermal dispersion



Lampiran 8

Plant layout PLTU M 2x3 MW



Lampiran 9
Perhitungan Tarif Dasar Listrik PLTU 2x7 MW

Capacity	14	MW
Capital Cost	2095	US\$/kW (Total EPC : US\$ 29,330,000.-)
Heat rate	4070	kcal/kWh
CF	80	%
Coal Price	40	US\$/ton
HV Coal	4000	kcal/kWh
Payback period	8	year
Interest	6	% / year
Capital Cost (A)	2,77	Cent US\$/kWh
Fuel Cost (C)	4,07	Cent US\$/kWh
O/M Cost (B&D)	0,68	Cent US\$/kWh
Generating Cost	7,52	Cent US\$/kWh

Lampiran 10

