

SIMULATOR EFISIENSI SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP (PLTU) REMBANG

Anang Nungky Ristyanto ^{*)}, Joko Windarto , and Susatyo Handoko

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}*E-mail: anang_nungky@yahoo.com*

Abstrak

Banyaknya pemakaian batu bara tentunya akan menentukan besarnya biaya pembangunan PLTU. Harga batu bara itu sendiri ditentukan oleh nilai panasnya (Kcal/Kg), artinya bila nilai panas tetap maka harga akan turun 1% pertahun. Sedang nilai panas ditentukan oleh kandungan zat SOx yaitu suatu zat yang beracun, jadi pada pembangkit harus dilengkapi alat penghisap SOx. Hal inilah yang menyebabkan biaya PLTU Batu bara lebih tinggi sampai 20% dari pada PLTU minyak bumi. Bila batu bara yang digunakan rendah kandungan SOx-nya maka pembangkit tidak perlu dilengkapi oleh alat penghisap SOx dengan demikian harga PLTU batu bara bisa lebih murah. Keunggulan pembangkit ini adalah bahan bakarnya lebih murah harganya dari minyak dan cadangannya tersedia dalam jumlah besar serta tersebar di seluruh Indonesia. Namun pemakaian batu bara saat ini juga perlu diperhitungkan karena batu bara merupakan salah satu dari Sumber Daya Alam yang tidak dapat diperbaharui, oleh karena alasan itu perlu adanya sistem yang dimana bertujuan untuk menghitung atau menganalisa dari proses PLTU batubara itu sendiri, sehingga lebih efisien. Dengan melakukan analisa perhitungan pada PLTU, terutama PLTU Batubara, kita dapat membandingkan kerja optimal PLTU dan perkiraan input supaya menghasilkan output yang sesuai keinginan.

Kata Kunci : PLTU, Batu Bara, efisien

Abstract

The amount of coal use will certainly determine the cost of construction of the plant. The price of coal itself is determined by the value of the heat (Kcal / Kg), means when the value of the heat will keep the price down 1% per year. Medium heat is determined by the value of SOx substances which is a toxic substance, so the plant should be equipped vacuum Sox. This is why the cost of coal power plant to 20% higher than the petroleum plant. When the coal used his low SOx content then do not need to be complemented by the power vacuum thus SOx power plant coal prices could be cheaper. Excellence plant is less costly fuel and oil reserves are available in large numbers and spread throughout Indonesia. However, the current use of coal also need to be considered because coal is one of the Natural Resources that can not be renewed, for that reason there is need for a system which aims to calculate or analyze from the coal power plant itself, making it more efficient. By performing analysis on the calculation of the power plant, primarily coal based power plant, we can compare the optimal labor input estimates that power plants and generate output as desired.

Key words: PLTU, Coal, efficient

1. Pendahuluan

Kebutuhan energi listrik semakin meningkat sejalan dengan perkembangan teknologi, sehingga dikembangkanlah pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) yang memakai bahan bakar batu bara. Pembangkit listrik ini diharapkan mempunyai unjuk kerja yang optimal sehingga dapat dioperasikan efisien mungkin. Perubahan beban listrik yang tergantung pada permintaan konsumen akan mempengaruhi unjuk kerja dari PLTU.

Perhitungan yang matang serta pengaruh dari faktor-faktor yang tidak terduga merupakan salah satu faktor penting juga dalam menjaga supaya nilai efisiensi tetap baik. Ada banyak cara untuk dapat menjaga nilai efisiensi dan mensimulasikannya adalah salah satu caranya.

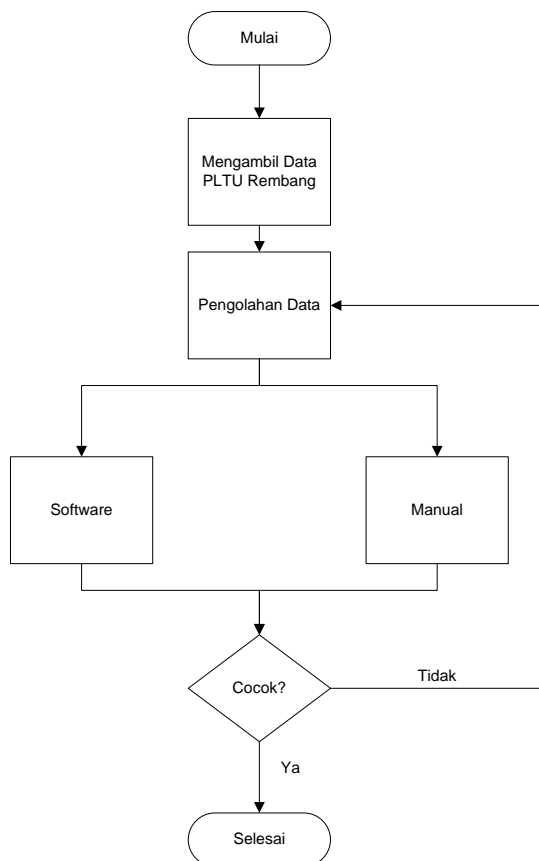
Simulasi merupakan cara dimana untuk dapat menggambarkan perhitungan dalam suatu bentuk yang menarik dan mudah difahami oleh banyak orang. Dengan simulasi kita dapat memisalkan sebuah nilai dengan

kehendak kita supaya mendapatkan nilai efisiensi yang sesuai dengan yang diinginkan.

Simulasi dapat dilakukan dengan banyak cara, namun dewasa ini simulasi banyak menggunakan software yang nantinya dibuat simulator dan menggambaran khusus mengenai sesuatu bagan atau proses. Penggambaran simulasi ini berdasarkan orientasi objek, sehingga nantinya diharapkan menjadi solusi terhadap perhitungan efisiensi yang ada pada PLTU yang bersangkutan.

Perancangan Simulator ini juga dapat digunakan sebagai modul praktikum dimana menjadikan PLTU batubara sebagai bahasan untuk perhitungan efisiensi yang baik, dari simulator ini juga dapat dilihat pengaruh-pengaruh dari baik atau buruknya efisiensi, sehingga simulator ini dapat menjadi gambaran perhitungan dan sebuah analisa untuk mendapatkan efisiensi.

2. Metode



Gambar 2.1 Skema Perancangan

2.1 Metode Pengumpulan data

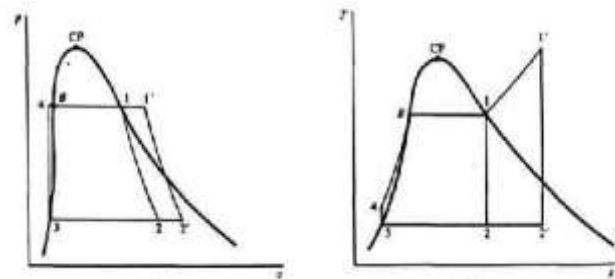
Pengumpulan data diambil langsung dari data performance test PLTU rembang pada bulan Maret 2011

2.2 Metode Pengolahan Data

Setelah data diperoleh langkah selanjutnya merancang dari software yang nantinya sebagai simulator, dimulai dengan sketch untuk tampilan hingga coding. Untuk pembuatan software menggunakan Visual Studio 2010. Akhir proses mensimulasikan data yang ada pada program yang telah dibuat.

2.2 Termodinamika^[10]

Hukum Termodinamika menyatakan bahwa energi listrik dapat diciptakan atau dimusnahkan. Energi dalam suatu sistem bertambah atau berkurang karena perubahan bentuk energi yang satu menjadi bentuk energi yang lain di dalam sistem tersebut.



Gambar 2.2 Siklus Rankine ideal dalam diagram (a) P-v dan (b) T-s

Siklus 1-2-3-4-B-1 adalah siklus Rankine Jenuh, yang berarti uap jenuh ke dalam turbin. Siklus 1'-2'-3-4-B-1' merupakan siklus Rankine uap super panas karena uap super panas yang masuk turbin. Siklus tersebut melalui proses sebagai berikut:

- 1 – 2 atau 1' – 2': ekspansi adiabatik reversibel dalam turbin, uap keluar pada 2 atau 2' berada dalam daerah campuran dua fase
- 2 – 3 atau 2' – 3: panas keluar pada suhu dan tekanan konstan di kondensor
- 3 – 4: kompresi adiabatik reversibel oleh pompa terhadap cair jenuh

2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Uap

2.3.1 Boiler^[10]

Dalam perhitungan neraca energi dan efisiensi perlu diketahui nilai kalor dari proses pembakaran batubara. Nilai kalor menunjukkan perpindahan panas dari suatu proses pembakaran batu bara yang didinginkan sampai suhu awak dari udara dan batu bara.

Ada dua macam nilai kalor, yaitu nilai kalor Tinggi (HHV, High Heating Value) yaitu nilai kalor yang terjadi jika semua uap yang terbentuk telah terkondensasi, sehingga dalam hal ini termasuk kalor laten penguapan air. Selain HHV ada nilai lain yaitu Nilai Kalor Rendah (LHV, Low Heating Value) yaitu nilai kalor yang tidak

termasuk nilai kalor laten untuk penguapan uap air. HHV dan LHV dalam kcal/kg dapat ditentukan dengan:
 $HHV = [8,080C + 34.500 (H - O/8) + 2220 SJ]$
 $LHV = HHV - 588,76 \times W$

Dalam perhitungan neraca energi dan efisiensi digunakan HHV karena semua kandungan energi total harus diperhitungkan. Panas yang dihasilkan dalam kcal/hr dari pembakaran batubara di dalam Boiler sebesar:

$$Q_{BB} = HHV \times BB$$

untuk mencari kebutuhan udara yang dibutuhkan untuk pembakaran tiap kg batubara

$$U_{OG} = 11,5C + 34,5 \left(H - \frac{O}{8} \right) + 4,32$$

$$U_{OV} = \frac{U_{og}}{1,29}$$

Laju aliran udara atau gas buang yang diperlukan atau dihasilkan oleh pembakaran sejumlah tertentu batu bara dalam kg/hr adalah:

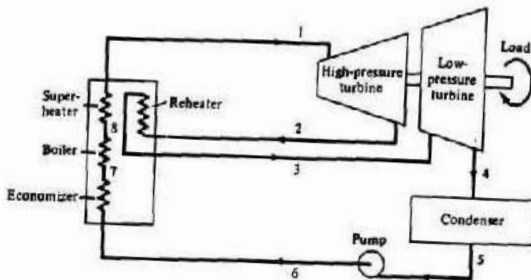
$$m = U \cdot BB$$

debit aliran fluida dalam m³/hr adalah :

$$Q = m/\rho$$

Dimana ρ adalah berat jenis fluida

2.3.2 Turbin^[10]



Gambar 2.3 Instalasi pembangkit uap menggunakan superheater dan reheater

Dari gambar tersebut dapat dicari kerja turbin aktualnya dalam kJ/hr dengan menggunakan rumus:

$$W_T = m_1(h_1-h_2) + m_2(h_3-h_4)$$

Apabila uap air didalam turbin ada yang dikeluarkan sebagai uap bocoran turbin (extraction steam) untuk memanasi air pengisi ketel dalam feedwater heater seperti terlihat pada gambar dibawah dengan m adalah laju aliran uap dan h adalah entalpi pada titik-titik tertentu maka persamaan untuk menghitung kerja actual turbin dalam kJ/hr menjadi:

$$W_T = m_3(h_1-h_2) + (m_1-m_2)(h_2-h_3) + (m_1-m_2-m_3)(h_3-h_4)$$

Sedangkan daya yang terbangkitkan pada gambar generator (KW) adalah:

$$P_{gen} = W_T \times \eta_{gen}$$

Dimana η_{gen} adalah efisiensi generator dalam %

2.3.3 Pompa^[10]

Untuk menggerakkan pompa-pompa tersebut dibutuhkan motor sebagai tenaga penggerak. Energi listrik yang dibutuhkan oleh motor itu diambil dari instalasi tersebut. Secara umum kebutuhan daya (KW) untuk menggerakkan pompa dapat dicari dengan menggunakan dua cara, yang pertama adalah

$$P_p = \frac{Q \cdot H}{102 \cdot \eta_p}$$

sedangkan cara ke dua adalah :

$$P_p = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \alpha$$

2.3.4 Fan^[10]

Sebagai penggerak dari fan-fan tersebut diatas juga digunakan motor sebagai sumber tenaga penggerak. Dan daya (KW) yang dibutuhkan adalah:

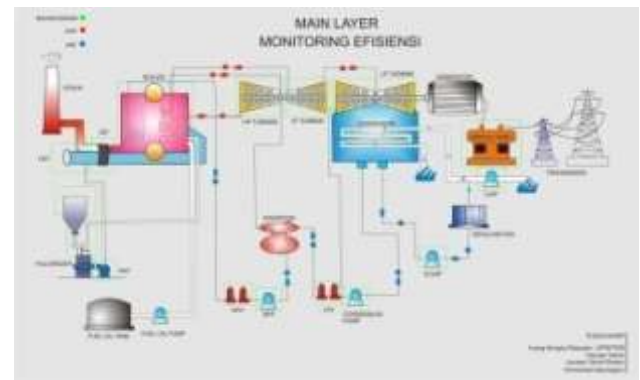
$$P_f = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \alpha$$

2.3.5 Unjuk Kerja

Unjuk kerja pembangkit dapat ditunjukkan oleh efisiensi total dari PLTU, yaitu antara daya yang keluar pada generator dikurangi daya untuk peralatan bantu dengan panas dari bahan bakar masuk.

$$\eta_{total} = \frac{P_{gen} - P_{aux}}{Q_{BB}}$$

3. Hasil dan Analisa



Gambar 3.4 Tampilan Utama

Pada tampilan Utama menggambarkan antara Sub Layer yang disatukan dan membentuk suatu sistem tertutup pada

PLTU batu bara, adapun Sub Layer yang ada pada tampilan Utama yaitu:

1. Layer Bahan Bakar
2. Layer Boiler
3. Layer HP Turbine
4. Layer IP Turbine
5. Layer LP Turbine
6. Layer Condensate Water Pump (CWP)
7. Layer Circulating Condensate Water Pump (CCWP)
8. Layer Condensate Pump
9. Layer Boiler Feed Pump (BFP)
10. Layer Force Draft Fan
11. Layer Induced Draft Fan
12. Layer Primary Air Fan
13. Layer Pulverizer
14. Layer Beban

Pada pengujian program ini untuk data diambil dari performa test di PLTU dengan tujuan mencocokkan hasil dari performa test yang sudah ada dengan pengujian program yang sudah dibuat dengan perhitungan dan rumusan yang sudah sesuai dengan teori yang ada, dari data hasil dari pengujian program nantinya akan di jadikan komparasi sehingga didapatlah hasil baik dari perhitungan maupun dari simulasi

3.1 Perhitungan Beban 100%

3.1.1 Manual

$$\begin{aligned} \text{HHV} &= 8080 C + 34500 (H - O/8) + 2220 S \\ \text{HHV} &= 8080 \times 0,4738 + 34500(0,0328 - 0,1336/8) + 2220 \times 0,0023 \\ \text{HHV} &= 3829,112 + 555,45 + 5,106 \\ \text{HHV} &= 4389,688 \text{ kcal/kg} \times 4,187 \text{ kJ/kcal} \\ \text{HHV} &= 18379,62 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Panas yang diberikan oleh pembakaran 93400 kg/hr batu bara adalah sebesar:

$$\begin{aligned} Q_{\text{BB}} &= \text{HHV} \times \text{BB} \\ Q_{\text{BB}} &= 18,379 \text{ kJ/kg} \times 93400 \text{ kg/hr} \\ Q_{\text{BB}} &= 1716656508 \text{ kJ/hr} \end{aligned}$$

Kebutuhan udara teoritis pembakaran:

$$\begin{aligned} U_{\text{og}} &= 11,5 C - 34,5 (H - O/8) + 4,32 S \\ U_{\text{og}} &= 11,5 \times 0,4738 + 34,5 (0,0328 - 0,1336/8) + 4,32 \times 0,0023 \\ U_{\text{og}} &= 5,44 + 0,555 + 0,00993 \\ U_{\text{og}} &= 5,9993 \text{ kg}_{\text{udara}}/\text{kg}_{\text{BB}} \end{aligned}$$

Sedangkan kebutuhan udara lebih (excess air)

$$\begin{aligned} m &= 21/(21 - O_2) \\ m &= 21/(21 - 7) \\ m &= 1,5 \end{aligned}$$

Jadi kebutuhan udara untuk pembakaran aktual :

$$\begin{aligned} U_g &= m \cdot U_{\text{og}} \\ U_g &= 1,5 \cdot 5,999 \end{aligned}$$

$$U_g = 8,9985 \text{ Kg}_{\text{Udara}}/\text{Kg}_{\text{BB}}$$

Laju Aliran Udara yang dibutuhkan untuk membakar 93400 kg/hr batubara :

$$\begin{aligned} m_{\text{Udara}} &= U_g \cdot \text{BB} \\ m_{\text{Udara}} &= 8,9985 \cdot 93400 \\ m_{\text{Udara}} &= 840459,9 \text{ kg}_{\text{Udara}}/\text{hr} \end{aligned}$$

Debit aliran udara dalam m³/hr :

$$\begin{aligned} Q &= m_{\text{Udara}}/\rho_{\text{Udara}} \\ Q &= 840459,9/1,29 \\ Q &= 651519,30 \text{ m}^3_{\text{Udara}}/\text{h} \end{aligned}$$

Berat gas asap yang dihasilkan dari pembakaran :

$$\begin{aligned} G_g &= U_g + (1 - A) \\ G_g &= 5,9993 + (1 - 0,04) \\ G_g &= 6,9593 \text{ kg}_{\text{Gas}}/\text{kg}_{\text{BB}} \end{aligned}$$

Laju aliran gas asap yang terbentuk dari pembakaran 93400 kg/hr batu bara:

$$\begin{aligned} m_{\text{gas}} &= G_g \cdot \text{BB} \\ m_{\text{gas}} &= 5,039 \text{ kkgas/kg}_{\text{BB}} \cdot 93400 \text{ kg/hr} \\ m_{\text{gas}} &= 470670,62 \text{ kg}_{\text{gas}}/\text{hr} \end{aligned}$$

Debit aliran gas buang dalam m³/hr :

$$\begin{aligned} Q &= m_{\text{gas}}/\rho_{\text{gas}} \\ Q &= 470670,62/1,286 \\ Q &= 365995,8165 \text{ m}^3_{\text{gas}}/\text{hr} \end{aligned}$$

Panas hasil pembakaran batu bara tersebut diserap di dalam ketel oleh ekonomiser, superheater dan reheater. Dari tabel didapatkan harga-harga entalphy pada kondisi masing-masing seperti pada gambar dibawah sebesar:

untuk ekonomiser :

$$\begin{aligned} Q_{\text{ekonomiser}} &= m_1 (h_2 - h_1) \\ Q_{\text{ekonomiser}} &= 935200 \text{ kg/hr} (2837,3 - 1205,1) \text{ kJ/kg} \\ Q_{\text{ekonomiser}} &= 1526433440 \text{ kJ/hr} \end{aligned}$$

Untuk Superheater :

$$\begin{aligned} Q_{\text{superheater}} &= m_3 (h_3 - h_2) \\ Q_{\text{superheater}} &= 927800 \text{ kg/hr} (3397,2 - 2837,3) \text{ kJ/kg} \\ Q_{\text{superheater}} &= 519475220 \text{ kJ/hr} \end{aligned}$$

Untuk Reheater :

$$\begin{aligned} Q_{\text{reheater}} &= m_4 (h_5 - h_4) \\ Q_{\text{reheater}} &= 766007 \text{ kg/hr} (3538,5 - 3035,8) \text{ kJ/kg} \\ Q_{\text{reheater}} &= 385071718,9 \text{ kJ/hr} \end{aligned}$$

Jadi panas total yang diserap oleh ketel :

$$\begin{aligned} Q_{\text{ketel}} &= Q_{\text{ekonomiser}} + Q_{\text{superheater}} + Q_{\text{reheater}} \\ Q_{\text{ketel}} &= (1526433440 + 519475220 + 385071718,9) \text{ kJ/hr} \\ Q_{\text{ketel}} &= 2430980378,9 \text{ kJ/hr} \end{aligned}$$

Efisiensi penyerapan panas dari ketel :

$$\eta_{\text{ketel}} = Q_{\text{ketel}}/Q_{\text{BB}}$$

$$\eta_{\text{ketel}} = \frac{1715995752,7335}{2430980378,9}$$

$$\eta_{\text{ketel}} = 70,58\%$$

kerja yang dihasilkan oleh turbin adalah sebagai berikut :

$$W_{\text{HPTurbine}} = 230047420 \text{ kJ/hr}$$

$$W_{\text{IPTurbine}} = 296439770,2 \text{ kJ/hr}$$

$$W_{\text{LPTurbin}} = 467411058 \text{ kJ/hr}$$

$$W_{\text{turbine}} = W_{\text{HPTurbine}} + W_{\text{IPTurbine}} + W_{\text{LPTurbine}}$$

$$= 993898248 \text{ kJ/hr}$$

Daya yang dibangkitkan Generator :

$$P_{\text{gen}} = W_{\text{turbine}} \times \eta_{\text{gen}}$$

$$= 993898248 \text{ kJ/hr} \cdot 92,71\%$$

$$= 921443065,7 \text{ kJ/hr}$$

$$= 255,96 \text{ MW}$$

Daya yang dibutuhkan untuk auxiliary equipment antara lain:

Untuk Boiler Feed Pump:

$$P_{\text{BPF}} = \frac{Q \times H}{\eta_{\text{BPF}}}$$

$$= \frac{102 \times 257,72 \times 715,3}{102 \times 0,847}$$

$$= 2133,795 \text{ KW}$$

Untuk Condensate Pump:

$$P_{\text{CP1}} = \frac{Q1 \times H1}{\eta_{\text{CP1}}}$$

$$= \frac{102 \times 157,23 \times 184,3}{102 \times 0,78}$$

$$= 364,22 \text{ kW}$$

$$P_{\text{CP2}} = \frac{Q2 \times H2}{\eta_{\text{CP2}}}$$

$$= \frac{102 \times 157,23 \times 184,3}{102 \times 0,78}$$

$$= 364,22 \text{ kW}$$

$$\text{Total } P_{\text{CP}} = P_{\text{CP1}} + P_{\text{CP2}}$$

$$= 364,22 + 364,22$$

$$= 728,44 \text{ kW}$$

Untuk Condensate Circulating Water Pump:

$$P_{\text{CCWP1}} = \frac{Q1 \times H1}{\eta_{\text{CCWP1}}}$$

$$= \frac{102 \times 200 \times 614,7}{102 \times 0,9}$$

$$= 1339,216 \text{ kW}$$

$$P_{\text{CCWP2}} = \frac{Q2 \times H2}{\eta_{\text{CCWP2}}}$$

$$= \frac{102 \times 200 \times 614,7}{102 \times 0,9}$$

$$= 1339,216 \text{ kW}$$

$$\text{Total } P_{\text{CCWP}} = P_{\text{CCWP1}} + P_{\text{CCWP2}}$$

$$= 1339,216 + 1339,216$$

$$= 2678,432 \text{ kW}$$

Untuk Circulating Water Pump :

$$P_{\text{CWP1}} = \frac{Q1 \times H1}{\eta_{\text{CWP1}}}$$

$$= \frac{102 \times 181,25 \times 435}{102 \times 0,72}$$

$$= 1073,58 \text{ kW}$$

$$P_{\text{CWP2}} = \frac{Q2 \times H2}{\eta_{\text{CWP2}}}$$

$$= \frac{102 \times 181,25 \times 435}{102 \times 0,72}$$

$$= 1073,58 \text{ kW}$$

$$\text{Total } P_{\text{CWP}} = P_{\text{CWP1}} + P_{\text{CWP2}}$$

$$= 1073,58 + 1073,58$$

$$= 2147,16 \text{ kW}$$

Untuk Force Draft Fan:

FDF yang Bekerja pada arus 25 amp

$$P_{\text{FDF1}} = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \alpha$$

$$= \sqrt{3} \times 6300 \times 25 \times 0,8$$

$$= 453,94 \text{ kW}$$

$$P_{\text{FDF2}} = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \alpha$$

$$= \sqrt{3} \times 6300 \times 25 \times 0,8$$

$$= 453,94 \text{ kW}$$

$$P_{\text{FDF}} = P_{\text{FDF1}} + P_{\text{FDF2}}$$

$$= 453,94 + 453,94$$

$$= 907,88 \text{ kW}$$

Untuk Primary Air Fan:

PAF yang bekerja pada arus 143 amp.

$$P_{\text{PAF1}} = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \alpha$$

$$= \sqrt{3} \times 6300 \times 143 \times 0,8$$

$$= 1745,91 \text{ kW}$$

$$P_{\text{PAF2}} = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \alpha$$

$$= \sqrt{3} \times 6300 \times 143 \times 0,8$$

$$= 1745,91 \text{ kW}$$

$$P_{\text{PAF}} = P_{\text{PAF1}} + P_{\text{PAF2}}$$

$$= 1745,91 + 1745,91$$

$$= 3491,82 \text{ kW}$$

Untuk Induced Draft Fan

IDF yang Bekerja pada arus 78 amp.

$$P_{\text{IDF1}} = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \alpha$$

$$= \sqrt{3} \times 6300 \times 78 \times 0,8$$

$$= 2182,38 \text{ kW}$$

$$P_{\text{IDF2}} = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \alpha$$

$$= \sqrt{3} \times 6300 \times 78 \times 0,8$$

$$= 2182,38 \text{ kW}$$

$$P_{\text{IDF}} = P_{\text{IDF1}} + P_{\text{IDF2}}$$

$$= 2182,38 + 2182,38$$

$$= 4364,76 \text{ kW}$$

Untuk Pulverizer yang bekerja:

Terdapat 2 buah Pulverizer yang bekerja, Pulverizer A pada arus 75 amp, sedangkan Pulverizer B pada arus 81 amp.

$$P_{\text{Pul}} = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \alpha$$

$$P_{\text{Pul A}} = \sqrt{3} \times 6300 \times 75 \times 0,8$$

$$= 523,77 \text{ kW}$$

$$P_{\text{Pul B}} = \sqrt{3} \times 6300 \times 81 \times 0,8$$

$$= 523,77 \text{ kW}$$

$$P_{\text{Pul C}} = \sqrt{3} \times 6300 \times 60 \times 0,8$$

$$= 523,77 \text{ kW}$$

$$P_{\text{Pul D}} = \sqrt{3} \times 6300 \times 60 \times 0,8$$

$$P_{Pul\ E} = 523,77 \text{ kW}$$

$$= \sqrt{3} \times 3 \times 0 \times 0,8$$

$$= 0$$

$$P_{Pul} = 523,77 + 523,77 + 523,77 + 523,77 + 0$$

$$= 2095,08 \text{ kW}$$

Daya total dari auxiliary equipment adalah jumlah total dari daya yang dihitung dari data diatas:

$$P_{aux} = PBFP + PCP + PCCWP + PCWP + PFDF + PPAF + PIDF + PPUL$$

$$P_{aux} = [2133,795 + 728,44 + 2678,432 + 2147,16 + 907,88 + 3491,82 + 4364,76 + 2095,08]$$

$$= 18547,367 \text{ kW}$$

$$= 18,547 \text{ MW}$$

Jadi Efisiensi total dari pembangkit adalah :

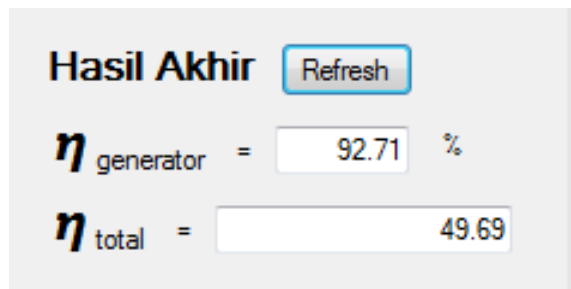
$$\eta_{total} = \frac{P_{gen} - P_{aux}}{Q_{bb}}$$

$$= \frac{(255956,41 - 18547,367) \text{ kW} \times 3600 \text{ s/hr}}{1716656508}$$

$$= \frac{854672554,8 \text{ kJ/hr}}{1716656508 \text{ kJ/hr}}$$

$$= 49,79 \%$$

3.1.2 Software



Gambar 3.5 Layer perhitungan hasil akhir

Perhitungan Efisiensi secara manual :

$$\eta_{total} = 49,79 \%$$

Perhitungan Efisiensi secara Softwaring:

$$\eta_{total} = 49,69 \%$$

Dari perbandingan kedua nilai tersebut bisa disimpulkan bahwa tingkat keakuratan antara data hasil yang diolah dengan perhitungan manual, dengan Software yang telah dibuat untuk mempermudah perhitungan efisiensi, dan mengidentifikasi pengaruh dari hasil efisiensi akhir ini terdapat sedikit perbedaan karena pembulatan koma, namun tingkat keakuratan mencapai 95 % lebih.

Selain percobaan beban 100%, juga dilakukan untuk beban 75% dan 50%. Selain itu karena di PLTU rembang menggunakan bahan bakar 2 macam, maka data hasil

perhitungan dapat dilihat pada tabel dibawah ini, dengan tujuan agar dapat membandingkan efisiensi keluaran dengan variasi masukan yang berbeda, berikut adalah tabel hasil perhitungannya.

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan dengan variasi beban dan Bahan Bakar

Bahan Bakar	Beban		
	50%	75%	100%
Jenis A	41.65%	47.55%	49.69%
Jenis B	36.01%	41.11%	43.95%

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa untuk beban 100% jelas memiliki efisiensi lebih baik dari pada untuk beban 75% maupun 50%. Sedangkan untuk jenis batu bara jenis A lebih baik daripada untuk jenis batu bara B, namun pada PLTU rembang kedua jenis batubara digunakan sebab untuk jenis batu bara A digunakan pada saat awal proses sehingga untuk mencapai suhu tinggi didapatkan dengan waktu yang singkat, sedangkan selanjutnya menggunakan bahan bakar jenis B, hal ini bertujuan untuk mengurangi biaya operasional.

4. Kesimpulan

Kebutuhan batubara per jam juga meningkat seiring dengan beban yang diterima pada saat pembangkitan. Untuk jenis pemakaian batubara yang berbeda juga berpengaruh pada panas yang dihasilkan oleh boiler, pengaruh tersebut menyebabkan nilai dari efisiensi PLTU juga berubah. Nilai efisiensi untuk jenis pembangkit PLTU batubara dengan pendingin pada umumnya skitar 35%, jika nilai efisiensi dibawah 35% maka pembangkit dapat kurang baik untu beroperasi, sedangkan untuk nilai efisiensi yang telah diujikan, baik 50%,75%, dan 100% tidak kurang dari 36%, berarti masih tergolong “Baik” dan layak untuk peroprasi

Referensi

- [1]. Appiarius, J. C. *Electric Utility System And Practice*. Edited by Homer M. Rustebakke. New York: John Wiley & Sons, 1983.
- [2]. Cengel, Y. A. and Michael A. Boles. *Thermodynamics: An Engineering Approach*. Singapore : McGraw-Hill, 1989.
- [3]. Eastop, T. D. and D. R. Croft. *Energy Efficiency*. Harlow : Longman, 1990.
- [4]. El-Wakil, M.M. *Power Plant Technology*. New York: Butterworths, 1984.
- [5]. Cogeneration Pembangkit Listrik yang Ideal, Deni Almada, FT UGM, Yogyakarta, 1999.
- [6]. Miller, R. H. and James H. Malinowski. *Power System Operation*. Singapore: McGraw-Hill International Editions, 1994.
- [7]. Reynolds, W. C. and Henry C. Perkins. *Engineering Thermodynamics*. Translated by Filino Harahap. Jakarta: Penerbit Erlangga, 1977.
- [8]. Sorensen, H. A. *Energy Conversion Systems*. New York: John Wiley & Sons. 1983.

- [9]. Weisman, J. and L. E. Eckart. *Modern Power Plant Engineering*. New Jersey : Prentice-Hall, 1985.
- [10]. Sudarto Yudi, 1999, "Kajian teoritik perhitungan efisiensi PLTU unit I kapasitas 400 MW di Paiton" from http://dewey.petra.ac.id/jiunkpedg_13517.html, 5 Februari.
- [11]. Rohini Kumar, 2011, "Performa test procedure PLTU Rembang" 16 September.
- [12]. Rohini Kumar, 2011, "Performa test procedure PLTU Rembang" 28 September.
- [13]. -----, Key Single Line Diagram : Fichtner Consulting Engineer (india)