

**ANALISIS PRODUKSI ENERGI LISTRIK PADA
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP BATUBARA
DENGAN MATLAB**

Markori¹, Zainuddin Idris²

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Sriwijaya

Email: markoribastari @ yahoo.com¹

Email:zainuddin.idris@yahoo.com¹

ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) adalah menggunakan batubara sebagai bahan bakar utamanya, dimana batubara sebelum dibakar pada ruang bakar (*furnace*) terlebih dahulu dihaluskan (*pulverized coal*) pada *pulverizer*, kemudian selanjutnya ditranportasikan ke *furnace* melalui *burner* dengan bantuan *Primary Air Fan (PA Fan)*. Energi potensial uap dikonversikan menjadi energi kinetis didalam sudu tetap turbin, yang selanjutnya dikonversi menjadi energi gerak putar (mekanis) pada sudu jalan dari rotor turbin dan dengan bantuan alternator dikonversikan menjadi energi listrik. Dengan berdasarkan *Standing Operation Procedure (SOP)* selanjutnya dilakukan pembebanan unit pembangkit sampai didapatkan pembebanan maksimum (kapasitas daya terpasang unit). PLTU Bukit Asam terdiri dari 4 (empat) unit yang masing-masing berkapasitas 65 MW dengan menggunakan bahan bakar batubara. Produksi energi listrik dari PLTU batubara sangat dipengaruhi dari faktor pembebanan unit (*output factor*) dan total jumlah jam unit sinkron ke jaringan sistem (*breaker closed*). Untuk mengetahui produksi energi listrik dari ke 4 (empat) unit PLTU Bukit Asam dilakukan dengan pemrograman Matlab yang hasilnya diketahui bahwa produksi energi listrik terbesar adalah pada unit 3 (470.552,550 MWh) dan produksi energi listrik terkecil adalah pada unit 4 (249.431,871 MWh) yang mana hal ini dikarenakan banyaknya total jam unit keluar (tidak beroperasi) karena melakukan pemeliharaan.

Kata kunci : Produksi Energi Listrik.

ABSTRACT

Coal steam power plant is a power plant using coals as its main fuel where it is pulverized in pulverizer before it is transported across the burner assisted by Primary Air Fan (PA Fan) to be furnace. Steam potential energy is converted to kinetic energy in permanent blades that goes on to mechanic energy in running blades run by rotor of turbine and assisted by alternator, it is changed to electrical energy. According to Standing Operation Procedure (SOP), loading treated toward the unit of plant until it reaches the maximum load (unit power held capacity). Bukit Asam PLTU consisted by 4 units with 65 MW capacity of each and use coals as the fuel. Production of electrical energy from coal power plant is strongly influenced from the unit loading factor (output factor) and the total of synchronized unit hours to the network system (breaker closed). To determine the production of electrical energy from the 4 (four) units of the power plant of Bukit Asam, it is done with Matlab programming which the results is known that the largest electric energy production is at unit 3 (470,552.550 MWh) and the smallest electrical

energy production is at unit 4 (249,431.871 MWh), it is occurred because the high amount of unit hours that out of order (not operating) as performing the maintenance.

Key words : Electrical Energy Production

1. PENDAHULUAN

Struktur kelistrikan di Indonesia saat ini masih didominasi pada pemakaian bahan bakar fosil. Melonjaknya harga minyak dunia sampai harga yang relatif sangat tinggi mengakibatkan terjadinya pembengkakan subsidi pemerintah terhadap harga jual listrik yang sangat membebani APBN. Kondisi ini mendorong pemanfaatan batubara yang relatif masih murah dan melimpah meskipun dari sisi lingkungan merupakan bahan bakar fosil yang paling (*electrostatic precipitator*) yang ditempatkan diantara ruang bakar (*furnace*) dan cerobong (*stack*).

Energi listrik merupakan suatu faktor penunjang yang sangat penting bagi perkembangan secara menyeluruh suatu bangsa. Di Indonesia, dengan semakin meningkatnya kegiatan industri dan jumlah penduduknya, maka kebutuhan energi listrik juga mengalami peningkatan. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi ketersediaan listrik di Indonesia, antara lain ketersediaan energi primer, harga bahan bakar, teknologi, dan budaya masyarakat. Beberapa usaha yang dapat di tempuh Perusahaan Listrik Negara dalam mengatasi peningkatan kebutuhan listrik antara lain dengan pembangunan pembangkit baru (proyek PLTU 10.000 MW), pembelian listrik swasta (*independent power producer*), dan sistem sewa pembangkit dengan pemda/pengusaha.

Sedangkan usaha – usaha yang dapat dilakukan guna meningkatkan produksi energi listrik adalah dengan mempertahankan atau meningkatkan keandalan unit (*unit availability*) adalah dengan melaksanakan pemeliharaan pada saat unit beroperasi atau pada saat inspeksi tahunan, mempertahankan atau meningkatkan efisiensi unit (*unit efficiency*), adalah dengan melaksanakan pemeliharaan dengan cara mengganti *part-part* yang sudah tidak sesuai lagi dengan standard, melaksanakan penyetelan-penyetelan, pembersihan dan mengoperasikan unit sesuai petunjuk operasi, mempertahankan atau meningkatkan keselamatan unit (*unit*

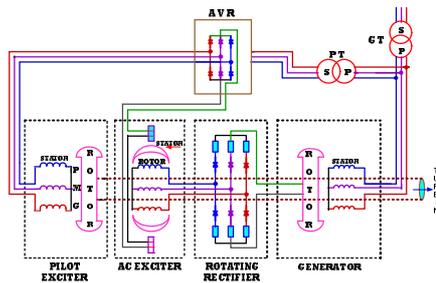
berpolusi. Dibanding minyak dan gas, batubara adalah bahan bakar yang paling menimbulkan polusi pada pembakaran langsung. Di samping itu, nilai kalor batubara juga relatif lebih rendah, yang berakibat dibutuhkannya jumlah yang lebih besar untuk menghasilkan panas (*heat rate*) dalam jumlah yang sama. Polusi terbesar dari pembakaran bahan bakar fosil adalah emisi CO₂, SO₂, NO_x dan debu (*fly ash*), dan hal ini dapat diminimalisir dengan adanya pemasangan alat penangkapdebu (*safety*) adalah dengan cara memperbaiki atau melakukan pengetesan-pengetesan agar peralatan dapat dipergunakan dengan aman.

Permasalahan dari perancangan ini adalah untuk mengetahui jumlah jam kerja/operasi unit pembangkit sinkron ke sistem per tahun, mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap produksi energi listrik, mengetahui produksi energi listrik selama 1 tahun, mengetahui konsumsi bahan bakar batubara selama 1 tahun, mengetahui kebutuhan bahan bakar batubara dalam memproduksi energi listrik per kWh dan mengetahui biaya pokok produksi (BPP) energi listrik per kWh.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proses Pembangkitan Tegangan Pada Generator

Dengan adanya magnet permanent (*Permanent Magnet Generator*) pada *Pilot Exciter* maka akan terbangkit tegangan AC, kemudian diteruskan ke *Automatic Voltage Regulator (AVR)* untuk disearahkan (DC) sebagai eksitasi ke rotor *AC Exciter*. Pada stator *AC Exciter* akan terbangkit tegangan yang kemudian disearahkan pada *Rotating Rectifier* sebagai eksitasi untuk rotor generator. Selanjutnya generator akan membangkitkan tegangan sesuai kapasitas tegangannya. Output generator ini selanjutnya dikontrol oleh AVR dan diteruskan ke *Generator Transformer (GT)* untuk dinaikan tegangannya ke tegangan sistem.



Gambar. 2.1 Brushless Excitation System for Generator

2.2 Sinkronisasi Unit ke Sistem

Persiapan memasukan pemisah-pemisah (PMS), pemutus tenaga (PMT) untuk generator, sehingga bila sinkron hanya tinggal memasukan satu PMT generator saja. Masukan PMT medan exciter, atur tegangan dari AVR Balance Meter sampai balance meter menunjukan posisi nol (0), yang berarti keseimbangan tegangan telah dicapai. Selanjutnya AVR ditaruh pada posisi otomatis, dengan demikian tegangan generator telah diatur oleh AVR. Untuk pembebanan unit harus mengikuti petunjuk operasi dari manual book pabrik pembuat pembangkit tersebut dan harus menyesuaikan dengan metode start yang dilakukan.

2.3 Perencanaan Produksi Energi Listrik

Perencanaan produksi energi listrik adalah suatu kondisi yang menggambarkan pembangkit tenaga listrik dapat beroperasi dan memproduksi energi listrik dalam jangka waktu tertentu. Produksi energi listrik harus menyesuaikan dengan waktu yang telah direncanakan, serta gangguan-gangguan yang dialami pembangkit tenaga listrik tersebut yang dapat mengakibatkan terjadinya penghentian produksi yang tidak direncanakan. Untuk mengetahui tingkat kehandalan suatu pembangkit dapat dilihat dari perbandingan jam operasi yang terealisasi (*Service Hours = SH*) dengan jam operasi yang direncanakan (*Periode Hours = PH*). Perbandingan atau rasio ini disebut dengan *Service Factor (SF)*. Untuk mengkaji tingkat kehandalan, jenis-jenis gangguan dan produksi energi listrik yang terjadi di pembangkit tenaga listrik diperlukan data-data yang tersedia di unit pembangkit (*GAD*) yang meliputi jumlah jam kerja unit antara

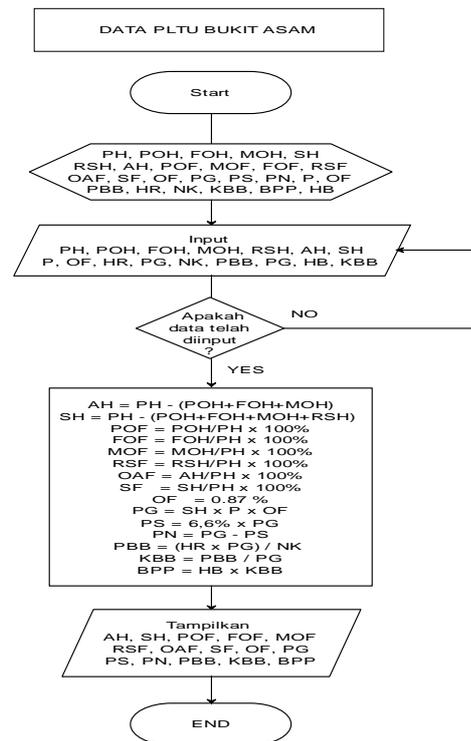
lain, *Planned Outage Hours (POH)*, *Forced Outage Hours (FOH)*, *Maintenance Outage Hours (MOH)*, *Reserve Shutdown Hours (RSH)*, *Service Hours (SH)*. Selain data jam kerja unit diperlukan juga data faktor yang berpengaruh terhadap produksi energi listrik antara lain, *Planned Outage Factor (POF)*, *Forced Outage Factor (FOF)*, *Maintenance Outage Factor (MOF)*, *Reserve Shutdown Factor (RSF)*, *Service Factor (SF)*, *Output Factor (OF)* dan *Capacity Factor (CF)*.

2.4 Produksi Energi Listrik

Untuk produksi energi di unit pembangkit diketahui ada tiga macam antara lain :

1. $\text{Produksi Gross} = \text{SH} \times \text{Daya Terpasang} \times \text{OF}$
2. $\text{Pemakaian Sendiri (PS)} = 6,6\% \times \text{Produksi Gross}$
3. $\text{Produksi Net} = \text{Produksi Gross} - \text{Pemakaian Sendiri (PS)}$

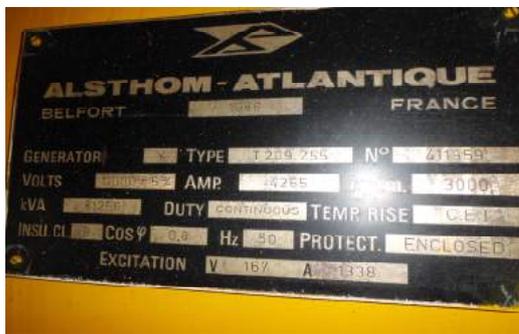
3. ANALISA DATA



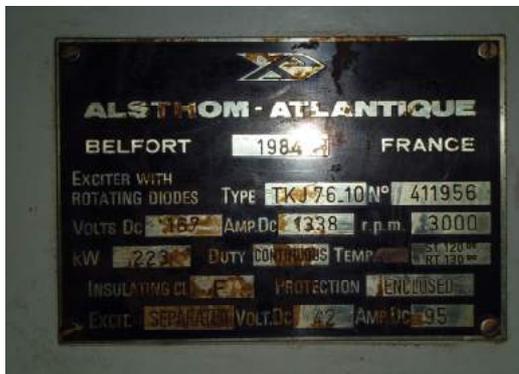
3.1 Data Generator dan Exciter



Gambar 3.1 Foto Generator PLTU



Gambar 3.2 Data Name Plate Generator



Gambar 3.3 Data Name Plate Exciter

3.2 Data Jam Operasi Unit

Adapun data yang tersedia dilapangan adalah data selama satu tahun unit beroperasi, yang meliputi data jam pemeliharaan tahunan, pemeliharaan rutin mingguan, data gangguan operasi dan data unit dalam kondisi stanby. Kemudian dari data-data tersebut direkapitulasi meliputi data jumlah jam operasi unit selama satu tahun yang meliputi jumlah jam unit inspeksi, jumlah jam unit melakukan pemeliharaan (diluar inspeksi), jumlah jam unit mengalami gangguan dan jumlah jam unit *standby* atas permintaan P3B. Data tersebut didapat dari data harian selama satu tahun operasi, selanjutnya berdasarkan data-data diatas dilakukan perhitungan terhadap jumlah jam unit menyalurkan tenaga listrik ke sistem (*service hours*). Untuk unit 1 rekapan data terhitung mulai dari 21 Januari 2011 jam 14.15 sampai dengan 04 Desember 2011 jam 18.00, unit 2 terhitung mulai dari 01 Januari 2011 jam 00.00 sampai dengan 02 Desember 2011 jam 01.05, unit 3 terhitung mulai dari 26 Januari 2011 jam 10.40 sampai dengan 02 Desember 2011 jam 01.05 dan unit 4 terhitung mulai 15 Januari 2011 jam 00.05 sampai dengan 02 Desember 2011 jam 01.05. Selanjutnya data rekapan satu tahun operasi tersebut dituangkan dalam bentuk tabel.

Tabel 3.1 Jam Operasi Unit

PLTU	UNIT			
	1	2	3	4
Jam Kerja Unit (jam)				
1. Periode Hours	8760	8760	8760	8760
2. Planned Outage Hours	647,9 8	1938, 4	392,8 3	3112, 2
3. Forced Outage Hours	85,86	27,04	21,70	246,7 6
4. Maintenance Outage Hours	140,0 2	2,67	3,13	424,7 4
5. Reserve Shutdown Hours	97,80	13,92	21,34	565,3 9
6. Available Hours	7886, 1	6791, 8	8342, 3	4976, 2
7. Service Hours	7788, 3	6777, 9	8321	4410, 8

3.3 Faktor-Faktor Produksi

Faktor-faktor yang mempengaruhi terhadap produksi energi listrik di PLTU, dimana faktor-faktor produksi ini dihitung berdasarkan formula yang ada pada literatur dengan mengacu pada data-data yang ada pada tabel 3.1 diatas. Dari literatur yang ada faktor produksi yang mempengaruhi langsung terhadap produksi energi listrik adalah faktor pembebanan unit (*output factor*), dimana faktor ini ditentukan dari unit pembangkit yang didasarkan pada keadaan unit dan sistemelistrikannya. Untuk ke empat PLTU Bukit Asam, *output factor* diperoleh berdasarkan ketentuan di unit pembangkit adalah 87%.

Tabel 3.2 Faktor Faktor Produksi Listrik

PLTU	UNI			
	T 1	T 2	T 3	T 4
Faktor-Faktor Produksi (%)				
1. Planned Outage Factor	7,39	22,1 2	4,48 4	35,5 2
2. Forced Outage Factor	0,98	0,31 0	0,24 7	2,81 6
3. Maintenance Outage Factor	1,59	0,03 0	0,03 5	4,84 8
4. Reserve Shutdown Factor	1,11	0,15 9	0,24 3	6,45 4
5. Output Availability Factor	90,0 2	77,5 3	95,2 3	56,8 0
6. Service Factor	88,9 0	77,3 7	94,9 8	50,3 5
7. Output Factor	87	87	87	87

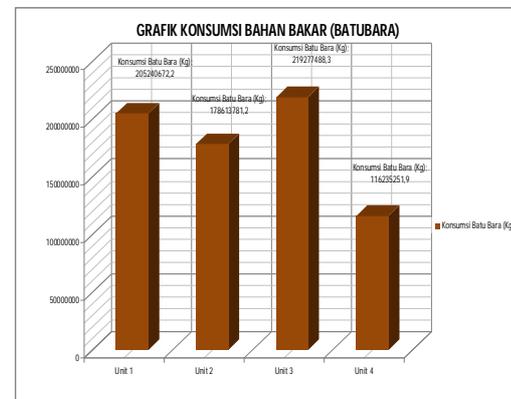
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan dari data yang ada pada tabel diatas, selanjutnya dilakukan perhitungan produksi energi listrik dari ke empat unit PLTU.

PLTU	UNIT 1	UNIT 2	UNIT 3	UNIT 4
Produksi Gross (KWh)	440.430.627	383.291.376	470.552.550	249.431.871
Pemakaian Sendiri (KWh)	29.068.421,38	25.297.230,81	31.056.468,30	16.462.503,46
Produksi Netto (kWh)	411.362.205,61	357.994.145,18	439.496.081,70	232.969.367,51
Konsumsi Bahan Bakar (kg)	205.240.672,18	178.613.781,21	219.277.488,30	116.235.251,88
Kebutuhan Bahan Bakar (kg/kWh)	0,466	0,466	0,466	0,466
Biaya Pokok Produksi (Rp/kWh)	558,8281	558,8281	558,8281	558,8281
Biaya Bahan Bakar (Rp)	246.124.993775,89	214.193.976869,72	262.957.969632,71	139.389.529096,9072



Gambar. 4.1 Grafik Produksi Energi Listrik dari ke 4 unit



Gambar. 4.2 Grafik Konsumsi Bahan Bakar (batubara) dari ke 4 unit



Gambar. 4.3 Grafik Biaya Bahan Bakar (batubara) dari ke 4 unit

5 KESIMPULAN

Dari tahapan proses penyeleksian data-data gangguan hingga komputasi produksi energi listrik, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. *Service Hours* (SH) dari ke empat unit yang terbesar adalah pada unit 3 yaitu 8321 jam.

2. Faktor yang paling dominan berpengaruh terhadap produksi energi listrik adalah - *Output Factor* (OF), yang ditentukan dari mulai unit operasi sampai pembebanan penuh.
3. Produksi energi listrik dari ke empat unit diperoleh produksi terbesar pada unit 3 (470.552.550 KWh) dan produksi terkecil pada unit 4 (249.431.871 KWh).
4. Kebutuhan bahan bakar batubara dalam memproduksi energi listrik didapatkan dari masing-masing unit adalah unit 1 (205.240.672,182 kg), unit 2 (178.613.781,216 kg), unit 3 (219.277.488,3 kg) dan unit 4 (116.235.251,886 kg).
5. Untuk memproduksi energi listrik setiap kWhnya membutuhkan batubara 0,466 kg dari setiap unitnya.
6. Untuk memproduksi energi listrik 1 kWh dibutuhkan biaya 558,8281 rupiah dari setiap unitnya.
7. Biaya bahan bakar batubara terbesar pada unit 3 yaitu 262.957.969.632,71 rupiah.
8. P.T. PLN Sektor Suralaya, *Sistem Operasi PLTU*, Penerbit P.T. PLN Pembangkitan Tenaga Listrik Jawa Bali I, 1996
9. P.T. PLN Sektor Suralaya, *Sistem Pemeliharaan PLTU*, Penerbit P.T. PLN Pembangkitan Tenaga Listrik Jawa Bali I, 1996
10. Perusahaan Umum Listrik Negara , *Materi Kursus Engineer PLTU*, Penerbit Pusat Pendidikan Dan Latihan, Jakarta, 1994
11. Central Electricity Generating Board, *Operation Memorandum 37*, Penerbit National Power, London, 1981
12. Central Electricity Generating Board, *Modern Power Station*, Penerbit Pergamon Press, Oxford England, 1981
14. Thomas C. Elliott, Kao Chen, Robert Swanekamp (coauthors), *Standard Handbook of Power Plant Engineering* (2nd edition ed.), McGraw-Hill Professional 1997

6. REFERENSI

1. Marsudi.Djiteng, *Pembangkitan Energi Listrik*, Penerbit Erlangga, Jakarta
2. Marsudi.Djiteng, *Operasi Sistem Tenaga Listrik*, Balai Penerbit Humas ISTN, Jakarta, 1990
3. Hamid. M. Nasai, *Aplikasi Temp PLTU Suralaya*, Penerbit P.T. PLN PJB I, Jawa Barat, 1994
4. Hamid. M. Nasai, *Kinerja Mesin Dan Pengaruhnya Terhadap Keandalan PLTU P.T. PLN Sektor Suralaya*, Penerbit P.T. PLN PJB I, Jawa Barat, 1996
5. P.T. PLN Sektor Suralaya, *Kinerja Unit*, P.T. PLN Pembangkitan Tenaga Listrik Jawa Bali I, 1996
6. P.T. PLN Sektor Suralaya, *Perencanaan Operasi Dan Pemeliharaan*, Penerbit P.T. PLN Pembangkitan Tenaga Listrik Jawa Bali I, 1996
7. P.T. PLN Sektor Suralaya, *Pengenalan Peralatan Utama PLTU*, Penerbit P.T. PLN Pembangkitan Tenaga Listrik Jawa Bali I, 1996
15. North American Electric Reliability Council, *Generating Availability Report*, NERC USA 1994
16. *Data Reporting Instruction for the Generating Availability Data System* North American Electric Reliability Council 1994
17. Perusahaan Umum Listrik Negara , *Materi Kursus Engineer PLTU, Generator dan Trafo* Penerbit Pusat Pendidikan Dan Latihan, Jakarta Selatan, 1994