

ISSN 1411 - 7797

MAJALAH ILMIAH
AL - JIBRA

VOL. VIII, No. 27 Tahun 2007

Analisis Arus Lalu Lintas Jalan Propinsi Kotamadya Pare-Pare
Oleh : St. Maryam Hafram

Analisis Pemanfaatan Minyak Jarak Sebagai Bahan Bakar Kompiler
Oleh : Hamri

Analisis Temperatur Udara Masuk Kompresor Terhadap Efisiensi Generator Pada PLTG
Oleh : Syarifuddin Nojeng

Konversi Sinyal Wicara Berdasarkan Turunan Gelombang GLOTTAL dengan Metode Liljenstrancts Fant (LF)
Oleh : Sriwijanaka Yudi Hartono

Kajian Performance Pemilihan Teknik Pengkodean Coding Scheme (CS) Melalui Transmisi Paket GPRS
Oleh : Faisal

Analisis Stabilitas Transient Pada Generator Sinkron Dengan Automatic Generator Control (AGC)
Oleh : Reny Murniatl

Studi Tentang Direct Sequence Spread Spectrum
Oleh : Saidah Sayuti

UKHUWAH TEKNOLOGI & REKAYASA

Desember 2007



ANALISIS TEMPERATUR UDARA MASUK KOMPRESOR TERHADAP EFISIENSI GENERATOR PADA PLTG

Syarifuddin Nojeng

Dosen Teknik Elektro Universitas Muslim Indonesia
Jln. Urip Sumoharjo Km. 05 telp (0411) 4668135, 443685 Makassar.

ABSTRAK

Pusat Listrik Tenaga Gas (PLTG) merupakan pembangkit listrik yang termahal biaya operasinya khususnya biaya bahan bakar (HSD). Kebutuhan masyarakat yang semakin meningkat mengakibatkan PLTG ini dioperasikan bukan hanya pada beban puncak (cadangan) tetapi difungsikan untuk memikul beban dasar, karena kondisi pengoperasiannya secara kontinu dan pengaruh keadaan sekitar cenderung berubah maka akan menyebabkan efisiensi berubah.

Sifat udara yang masuk ke kompresor sangat mempengaruhi kinerja dalam system PLTG, dalam hal ini jika kepadatan suatu fluida udara yang dimampatkan kompresor semakin tinggi maka akan semakin baik bagi kinerja kompresor sehingga akan mempengaruhi penggerak mula (turbin) dikarenakan kerja yang dibangkitkan akan lebih sedikit, sehingga pembagian energi pada turbin akan bertambah ke beban (generator) dibandingkan di kompresor. Penelitian dilakukan pada PLTG-General Electric-Sektor Tello Makassar.

Dari hasil analisis Temperatur gas hasil pembakaran yang menggerakkan sudu-sudu turbin nilainya konstan maka selisih efisiensi turbin cenderung konstan yaitu 0.09 %. Terjadinya kenaikan daya maksimal pada generator dipengaruhi adanya penurunan perubahan temperatur udara disekitar PLTG sehingga efisiensinya meningkat sebesar 3.95%.

Kata Kunci : Temperatur,Udara,Kompresor,Generator

I PENDAHULUAN

Sebagian unit pembangkit listrik yang dimiliki PLN Sektor Tello adalah Pusat Listrik Tenaga Gas (PLTG) dengan sistem turbin gas. PLTG ini adalah pembangkit listrik yang termahal biaya operasinya khususnya biaya bahan bakar yang dikonsumsi. Pengoperasiannya diinginkan agar unit

PLTG beroperasi dalam waktu yang sependek mungkin, misalnya pada waktu beban puncak atau pada waktu ada kerusakan/gangguan unit lain (sebagai cadangan). Kebutuhan masyarakat yang semakin meningkat dan akibat penurunan daya pada pembangkit yang memikul beban dasar, maka sistem turbin gas biasa dioperasikan bukan hanya beban

puncak tetapi juga digunakan untuk memikul beban dasarnya.

Kondisi pengoperasian PLTG yang dilakukan secara terus-menerus dan pengaruh keadaan sekitar (udara luar) yang cenderung berubah maka akan menyebabkan kemampuan (performance) suatu sistem PLTG ikut berubah. Penelitian ini hanya dibatasi pada sistem performance Pusat Listrik Tenaga Gas GE (General Electric) pada PT. PLN (Persero) Wilayah Sulselrabar Sektor Tello Unit PLTG.

II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Prinsip Turbin Gas

Prinsip konversi energi dalam turbin sudah lama diketahui. Kira-kira 130 tahun sebelum masehi prinsip turbin reaksi sudah ditemukan oleh Hero. Sedangkan prinsip turbin impuls oleh Giovanni Branca pada tahun 1629. Proses konversi energi dalam turbin merupakan proses ekspansi yaitu proses penurunan tekanan. Turbin reaksi proses ekspansi tersebut terjadi baik dalam sudu-sudu tetap (pengarah) yang terpasang pada rumah turbin yang tidak berputar, maupun dalam sudu-sudu gerak yang terpasang pada roda turbin yang berputar. Sedangkan pada turbin impuls proses ekspansi hanya terjadi dalam sudu-sudu tetap saja.

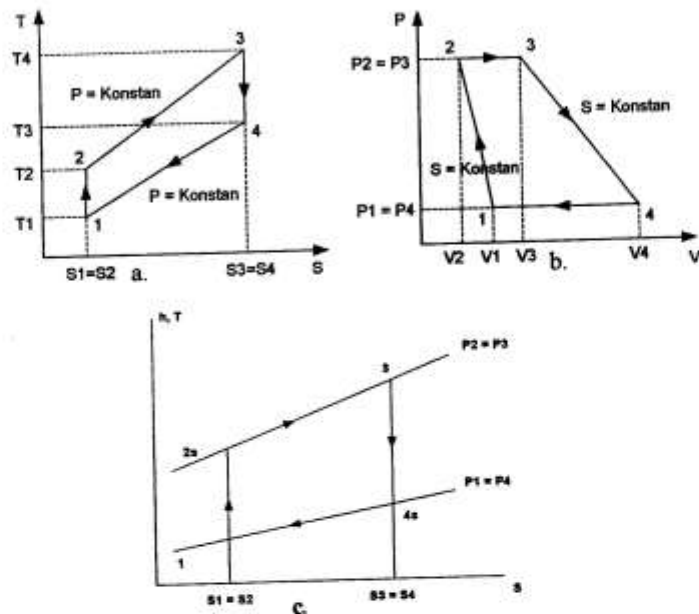
Sistem turbin gas menggunakan kompresor aliran aksial, dikatakan kompresor aliran aksial karena aliran udara yang melalui kompresor searah poros dan rotornya. Kompresor aliran aksial dapat mencapai efisiensi sekitar 90% dan perbandingan tekanannya

mencapai 12 %, karena perbandingan tekanan yang dapat dihasilkan setiap tingkatnya hanya berkisar antara 1,05-1,15. Perbandingan tekanan yang tinggi diperlukan jumlah tingkat yang lebih banyak (17 tingkat), hal ini mengakibatkan ukuran kompresor aksial mempunyai ukuran yang besar dan lebih panjang.

Udara atmosfer masuk ke dalam kompresor yang berfungsi untuk mengisap dan menaikkan tekanan udara sehingga temperaturnya meningkat. Kemudian udara yang bertekanan dan bertemperatur tinggi tersebut masuk ke dalam ruang bakar, yang kemudian disemprotkan bahan bakar sehingga terjadi proses pembakaran.

Proses pembakaran pada turbin gas adalah ekuivalen dengan proses pemasukan kalor pada siklus Brayton. Proses pembakaran ini terjadi secara kontinyu sehingga temperatur pembakaran harus dibatasi sesuai dengan kekuatan material yang dipergunakan, terutama material pada sudu-sudu turbin. Dalam hal ini kekuatan material akan turun jika temperatur naik. Material yang biasa dibuat untuk turbin gas dan ruang bakar adalah baja chrom, baja chrom nikel, paduan nikel dan kobalt sebagai dasar panduan, sedangkan bahan untuk membuat ruang bakar harus dibuat dari logam yang mempunyai daya tahan yang tinggi terhadap oksidasi, kekuatan material harus ditentukan yang lebih tinggi bila diameter ruang bakar makin besar dan perbandingan kompresi makin tinggi.

a. Aliran fluida dalam penukar dianggap tidak mengalami penurunan tekanan.



Gambar 2.1 Siklus Brayton pada diagram a). T - S b). P - V dan c). diagram h - S

Proses dari 1 ke 2 : Kompresi isentropis

2 ke 3 : Pemasukan kalor pada tekanan konstan

3 ke 4 : Ekspansi Isentropis

4 ke 1 : Pengeluaran kalor pada tekanan konstan

Efisiensi thermal dari siklus brayton (dikenal juga dengan siklus udara standar) adalah perbandingan antara kerja output dengan kalor masukan

(bahan bakar). Asumsinya bahwa kalor spesifik konstan, baik proses kompresi maupun proses ekspansi dan tanpa kerugian tekanan.

2.2 Generator AC

Generator AC merupakan komponen utama pada PLTG yang termasuk jenis mesin serampak (mesin sinkron) yang akan membangkitkan tegangan bolak balik berdasarkan prinsip-prinsip dasar elektromekanik, berarti bahwa frekuensi listrik yang dihasilkan dikunci (locked-in) atau sinkron pada rate mekanikal dari rotasi/putaran generator dan sama dengan kecepatan putar medan magnetik. Frekuensi yang dihasilkan generator sinkron adalah:

$$f = \frac{ns.p}{120} \quad \dots\dots\dots(1)$$

f = frekuensi listrik

n_s = kecepatan sinkron

P = jumlah kutub rotor/ jumlah pasang kutub rotor

Umumnya daya listrik yang dibangkitkan oleh generator sinkron pada 50 Hz dan 60 Hz, sehingga kecepatan putar rotor (kecepatan putarnya tetap) bergantung kepada (ditentukan oleh) jumlah kutub pada rotor.

Proses konversi daya mekanik menjadi daya listrik, tidak semua mekanis dari penggerak mula yang masuk ke generator menjadi daya listrik sehingga perbedaan nilai daya mekanik dan daya output disebut rugi-rugi.

Daya input (mekanikal) adalah daya mekanis generator :

$$P_{mek} = \zeta_m \cdot w_m \quad \text{dimana, } w = \frac{2\pi n}{60} \quad \dots\dots(2)$$

Dimana ;

ζ_m = Torsi mekanik

w_m = kecepatan putar rotor (rad/detik).

Daya yang dikonversikan dari daya mekanik menjadi daya listrik :

$$P_{out} = 3 \cdot E_a \cdot I_a \cos \phi \quad (\text{satu fasa}) \quad \dots\dots(3)$$

$$P_{out} = \sqrt{3} \cdot V_T \cdot I_L \cdot \cos \phi \quad (\text{tiga fasa}) \quad \dots(4)$$

Perbandingan antara daya output dengan daya mekanik disebut efisiensi, dimana persamaannya adalah sebagai berikut :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{mek}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(5)$$

III. PEMBAHASAN

Dari hasil penelitian di PLTG Sektor Tello (PLTG GE) diperoleh data tentang Turbin, Temperatur udara masuk pada compressor dan temperature masuk turbin. Berdasarkan data data tersebut kemudian dianalisis dengan metode analitik dengan menggunakan formulasi yang relevan.

3.1 Data PLTG GE (General Electric)

A. Turbin Gas

Model	: MS. 6001-BC
Siklus	: Sederhana (terbuka)
Jumlah poros	: 1 (satu)
Kompresor	: 17 tingkat
Turbin	: 3 tingkat
Putaran turbin	: 5100 rpm
Bahan bakar	: HSD (solar)

a kalor
mpreca
tanga

Tekanan atmosfer : 1.01325 bar
Tek. Inlet drop filter: 70 mmH₂O

B. Generator

Merk : GeneralElectric-6A.3-USA
Daya terpasang : 33,44 MW
Daya Mampu : 30 MW
Max. Rate : 68000 Hp
Putaran : 3000 rpm
Factor daya : 0,85 pf
Tegangan : 11,5 KV
Frekuensi : 50 Hz
Teg. Eksitasi : 125 V
Jumlah phase : 3
Jumlah Kutub : 2

C. Diesel Engine Detroit

Model : R-05670-325
Serial : G-A1632-62
Putaran : 2300 rpm

3.2. Perhitungan Efisiensi Generator Pada Suhu 32 °C

Perhitungan efisiensi generator yang diperlukan adalah daya output dan daya mekanik dimana dalam menghitung daya output dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

$$P_{out} = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \cdot \cos \theta$$

Dimana ;

$$V_L = 11,50 \text{ KV}$$

$$I_L = 1,701 \text{ KA (pada temperature } 32^\circ\text{C)}$$

$$\cos \theta = 0,885 \text{ pf}$$

$$\text{Jadi, } P_{out} = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \cdot \cos \theta$$

$$= \sqrt{3} \times 11,50 \times 1,701 \times 0,885$$

$$= 30 \text{ MW}$$

Daya mekanik selalu dianggap konstan, maka nilai daya mekanik sebagai berikut :

$$P_{mek.mks} = 68000 \text{ Hp}$$

$$\text{Dimana ; } 1 \text{ Hp} = 746 \text{ W}$$

$$= 50707,6 \text{ KW}$$

Sehingga harga-harga diatas disubstitusikan kedalam persamaan berikut :

$$\begin{aligned} \eta_{generator} &= \frac{P_{out}}{P_{mek}} \times 100 \\ &= \frac{30.000}{50707,6} \times 100 \\ &= 59,16 \% \end{aligned}$$

Maka nilai efisiensi generator yang dihitung pada analisa data sebesar 59.16 %.

3.3. Perhitungan Efisiensi Generator Pada Suhu 25 °C

Perhitungan daya output dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

$$P_{out} = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \cdot \cos \theta$$

Dimana ;

$$V_L = 11,50 \text{ KV}$$

$$I_L = 1,962 \text{ KA (pada temperature } 25^\circ\text{C)}$$

$$\cos \theta = 0,819 \text{ pf}$$

$$\text{Jadi, } P_{out} = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \cdot \cos \theta$$

$$= \sqrt{3} \times 11,50 \times 1,962 \times 0,819$$

$$= 32 \text{ MW}$$

Daya mekanik selalu dianggap konstan, maka nilai daya mekanik sebagai berikut :

$$P_{mek.mks} = 68000 \text{ Hp}$$

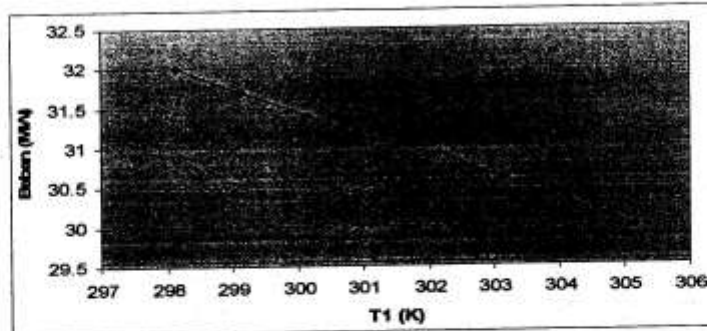
$$\text{Dimana ; } 1 \text{ Hp} = 746 \text{ W}$$

$$= 50707,6 \text{ KW}$$

Sehingga harga-harga diatas disubstitusikan kedalam persamaan berikut :

$$\begin{aligned} \eta_{generator} &= \frac{P_{out}}{P_{mek}} \times 100\% \\ &= \frac{32.000}{50707,6} \times 100 \\ &= 63,11 \% \end{aligned}$$

Maka nilai efisiensi generator yang dihitung pada analisa data sebesar 63,61%.



Grafik 3.1 Hubungan Antara Temperatur Inlet (T1) Terhadap Beban Generator.

Daya generator pada mesin PLTG diatur oleh 2 jenis komponen yaitu; Speed Control (Governor) dan Temperature Control. Pada beban maksimal yang bekerja adalah exhaust temperature control, dimana penurunan temperature ini terjadi disekitar system PLTG sehingga menyebabkan exhaust temperaturnya menurun dan pengaturan daya bisa lebih ditingkatkan dari batas normal (site condition). Berdasarkan grafik 3, jika temperature udara luar sekitar PLTG mencapai 25 °C maka kenaikan daya generator sebesar 2000 kW. Persentase penambahannya sekitar 6.67 % dari site condition (daya mampu 30 MW). Berarti dengan penurunan temperatur udara luar 7 °C, akan menaikkan daya sampai 32 MW. Peningkatannya disebabkan oleh perbandingan daya turbin yang tersuplai ke generator bertambah

dikarenakan adanya penurunan daya yang dibutuhkan kompressor.

IV PENUTUP

Berdasarkan Hasil penelitian dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Penurunan temperature udara luar (inlet compressor) dapat memperbesar tekanan yang dimampatkan compressor sehingga efisiensi kompressor akan naik sebesar 1.48 %.
2. Temperatur gas hasil pembakaran yang menggerakkan sudu-sudu turbin nilainya konstan maka selisih efisiensi turbin cenderung konstan yaitu 0.09 %.
3. Terjadinya kenaikan daya maksimal pada generator sebesar 2000 kW

dipengaruhi adanya penurunan perubahan temperature udara disekitar PLTG sehingga efisiensinya meningkat sebesar 3.95 %.

4. Semakin rendah temperature inlet compressor maka akan meningkatkan performance system PLTG.

Daftar Pustaka

1. *Arismunandar, Wiranto, Pengantar Turbin Gas dan Motor Propulsi, Penerbit ITB Bandung, 2002.*
2. *Wood, Bernard, Penerapan Termodinamika, Edisis kedua, Erlangga, 1988.*
3. *Meher-Homji, Bechtel Corporation-MEE Industri, Gas Turbin Division, California.*
4. *Ichsanuddin Akbar, Analisis Penagruh udara Section Line Kompresor Terhadap Fermomance PLTG GE pada PLN Wilayah Sulselbar, 2008.*