



ANALISIS KERJA WELDER GENERATOR

Perawati

Dosen Tetap Yayasan pada Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas PGRI Palembang
e-mail : Perawati80@gmail.com

ABSTRAK

Generator adalah mesin listrik yang dapat membangkitkan energi listrik dengan induksi elektromagnetik. Generator yang digunakan sebagai pembangkit energi listrik bolak-balik adalah generator sinkron. Pada saat beroperasi normal, generator dibebani dengan beban-beban yang konstan, seperti untuk perumahan, komersial, dan industri, atau gabungannya. Tetapi ada kalanya generator dibebani dengan beban yang tidak konstan, yaitu untuk pelayanan work shop atau bengkel, dimana penggunaan energi listriknya disamping digunakan untuk penerangan, penggerak motor-motor listrik, juga digunakan untuk melakukan pekerjaan welding atau pengelasan. Bila generator melayani beban welder (pengelasan), maka arus yang mengalir dari generator sangat tergantung pada kontak elektroda las dengan benda kerja. Sehingga beban generator tidak akan konstan, yang dapat mengakibatkan terjadinya perubahan kinerja mendadak pada generator tersebut, hingga menimbulkan kerusakan. Tegangan kerja generator mengalami drop dari 30 volt menjadi 12 volt untuk elektroda 2,6 mm dan dari 30 volt menjadi 10 volt untuk elektroda 3,2 mm, karena besarnya arus yang diserap oleh beban, dan mengakibatkan terjadinya drop tegangan yang signifikan.

Kata Kunci : Generator sinkron, Beban tidak konstan, Tegangan kerja, Welder

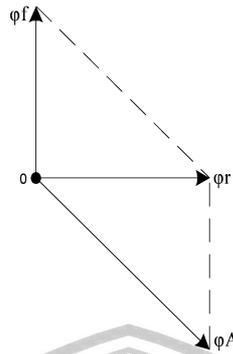
PENDAHULUAN

Pada operasi normal, generator biasanya dibebani dengan beban-beban yang konstan, tetapi bila generator dibebani dengan pelayanan work shop, yang dalam hal ini melayani pekerjaan welding atau pengelasan, arus yang mengalir ke beban tergantung pada kontak elektroda las dengan benda kerja. Sehingga beban generator tidak konstan, yang mengakibatkan terjadinya perubahan kinerja mendadak pada generator tersebut, hingga dapat mengakibatkan kerusakan pada generator. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja generator sinkron apabila dibebani dengan beban welder pengelasan, yang akan dibahas hanya pada analisis kinerja generator sinkron satu fasa yang melayani beban welder atau pengelasan.

KAJIAN PUSTAKA

Saat generator sinkron dibebani, maka akan terjadi perubahan arus secara tiba-tiba, mengakibatkan terjadinya jatuh tegangan yang tiba-tiba, sehingga tegangan di sisi bebannya akan drop, kemudian akan terjadi reaksi jangkar pada generator, yaitu terjadinya dua buah medan magnet yaitu pada kumparan medan pada rotor dan kumparan jangkar pada stator.

Medan magnet yang dihasilkan oleh stator dan rotor tersebut adalah saling berlawanan arah dengan sudut sebesar α . Sudut α tersebut merupakan sudut tumpul yang besarnya lebih dari 90° , resultan antara fluksi medan tersebut adalah sebagai berikut :



Gambar 1. Resultan fluksi medan pada generator.

Resultan medan magnet tersebut akan membangkitkan tegangan keluaran generator. Besarnya fluksi magnet resultan generator adalah :

$$\overline{\varphi}_t = \overline{\varphi}_f + \overline{\varphi}_A \quad \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

- $\overline{\varphi}_t$ = fluksi total generator.
- $\overline{\varphi}_f$ = fluksi medan eksitasi.
- $\overline{\varphi}_A$ = fluksi jangkar yang dihasilkan oleh arus beban.

Apabila diambil keadaan tegangan pada suatu titik yang terletak di kumparan jangkar, menurut Zuhail dalam bukunya "Teknik Tenaga Listrik" 1991, katakanlah titik A maka nilai efektif dari E_A adalah,

$$E_A = 4,44 \cdot N_A \cdot f \cdot \phi_m \cdot \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

E_A = tegangan yang dibangkitkan di titik A pada kumparan jangkar.

Dengan menganggap bahwa besarnya jumlah lilitan kumparan adalah konstan, maka persamaan tegangan tersebut dapat ditulis sebagai berikut :

$$E_A = k \cdot f \cdot \phi_m \cdot \dots\dots\dots (3)$$

Dimana k adalah konstan, yang besarnya adalah $k = (4,44) N_A$

Frekwensi tegangan keluaran generator akan bergantung pada putaran rotor generator tersebut, yaitu

$$f = \frac{p \cdot n}{120} \quad \dots\dots\dots (4)$$

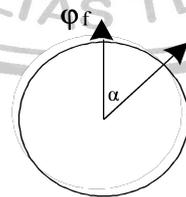
Bila generator dibebani, maka pada saat itu juga akan terjadi fluksi yang dihasilkan oleh arus beban, yang merupakan fluksi lawan terhadap fluksi medan, sehingga fluksi medan akan

berkurang. Dengan terjadinya pengurangan fluksi medan tersebut, maka putaran rotor akan menjadi berat sehingga putaran akan turun. Pada saat inilah generator berada dalam keadaan kritis, sehingga harus dilakukan penanggulangan. Penanggulangan pertama adalah generator tersebut akan merespon dengan membuka governor pada prime mover, sehingga putaran generator akan kembali normal. Selanjutnya generator akan merespon dengan menaikkan arus eksitasi sehingga fluksi medan akan kembali menjadi sebesar fluksi semula agar pembangkitan tegangan bertambah dan menjadi seperti semula.

Bila terjadi pelepasan beban generator secara mendadak, maka akan terjadi hal yang sebaliknya, yaitu terjadi pengurangan gaya yang menahan rotor akibat berkurangnya arus beban, sehingga putaran rotor akan naik. Naiknya putaran rotor ini akan mengakibatkan kenaikan frekwensi tegangan generator sehingga tegangan keluaran generator akan naik. Dalam keadaan ini generator akan merespon kenaikan putaran tersebut dengan menutup governor sehingga putaran prime mover akan turun, dan tegangan akan segera kembali normal.

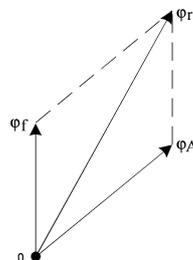
Apabila generator dibebani dengan beban resistif murni, maka arus jangkar akan berlawanan fasa dengan gaya gerak listrik yang dibangkitkan dengan sudut 90° , sehingga arah fluksinya akan saling tegak lurus.

Bila generator dibebani dengan beban kapasitif murni, maka arus jangkar akan sefasa dengan gaya gerak listrik yang dibangkitkan, sehingga arah fluksinya akan saling memperbesar sedangkan apabila generator dibebani dengan beban resistif kapasitif, maka arus jangkar akan sefasa dengan gaya gerak listrik yang dibangkitkan dengan sudut α , sehingga arah fluksinya akan saling memperbesar dengan sudut α , seperti pada gambar berikut :



Gambar 2. Medan magnet generator untuk beban resistif kapasitif.

Dari gambar 2 di atas, dapat digambarkan diagram vektor fluksi saat generator dibebani dengan beban resistif kapasitif, yaitu :

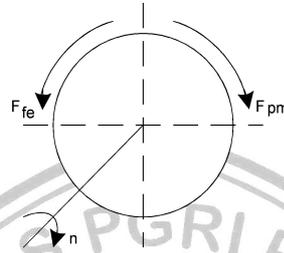


Gambar 3. Resultan fluksi generator untuk beban resistif kapasitif.

Saat generator membangkitkan tegangan, akan terjadi interaksi antara tegangan yang dibangkitkan dengan medan magnet dari eksitasi, sehingga pada rotor akan terjadi dua macam

gaya, yaitu gaya yang berasal dari penggerak mula (prime mover), dan gaya yang berasal dari interaksi medan magnet.

Gaya yang berasal dari interaksi medan magnet ini cenderung akan melawan arah gaya yang berasal dari prime mover, sehingga putaran generator akan menjadi berat. Arah gaya pada poros generator tersebut diberikan pada gambar berikut :



Gambar 4. Gaya pada rotor saat generator dibebani.

Dimana :

- F_{pm} = Gaya dari prime mover.
- F_{fe} = Gaya dari eksitasi.
- n = Putaran rotor.

Pada gambar 4, kedua macam gaya tersebut bekerja saling berlawanan, sehingga gaya yang dihasilkan oleh prime mover akan tertahan yang mengakibatkan putaran dari prime mover tersebut akan menjadi berat dan menurun. Gaya gerak magnet yang dihasilkan oleh medan eksitasi menurut Margareth R. Taber dalam bukunya "Electric Circuit Analysis" 1960, adalah :

$$\sigma = \mathfrak{R} \cdot \varphi \dots\dots\dots (5)$$

Dimana :

- σ = ggm (gaya gerak magnet).
- \mathfrak{R} = reluktansi inti generator.
- φ = fluksi magnet.

Fluksi magnet (φ) tersebut dipengaruhi oleh besarnya arus medan yang mengalir pada kumparan medan, yaitu :

$$\varphi = \frac{N.I}{\mathfrak{R}} \dots\dots\dots (6)$$

Maka akan diperoleh persamaan berikut :

$$\sigma = \frac{\mathfrak{R}.N.I}{\mathfrak{R}}$$

$$\sigma = N.I \dots\dots\dots (7)$$

Dengan demikian akan terjadi aliran fluksi pada inti kumparan eksitasi, yang akan menimbulkan kerapatan fluksi pada inti kumparan eksitasi yang besarnya :

$$B = \frac{\Phi}{A} \dots\dots\dots (8)$$

Besarnya gaya lawan yang menahan arah gaya prime mover tersebut adalah :

$$F_{fe} = B \cdot I \cdot \ell \dots\dots\dots (9)$$

Dimana :

- B = Kerapatan fluksi pada inti kumparan medan.
- I = Arus yang mengalir pada kumparan jangkar.
- ℓ = Panjang lintasan fluksi medan.

Dari persamaan (9) dapat dilihat bahwa besarnya gaya yang bekerja pada rotor generator sinkron berbanding lurus terhadap kerapatan fluksi medan dan arus yang mengalir pada kumparan jangkar. Untuk generator dengan daya yang kecil, biasanya digunakan penguatan sendiri dengan mengambil sebagian arus dari kumparan jangkar untuk disearahkan dan dimasukkan ke kumparan eksitasi, sehingga pada generator tersebut akan terjadi aliran arus di kumparan jangkarnya walaupun belum dibebani.

Jadi untuk generator seperti tersebut, pada saat terjadi pembangkitan tegangan di jangkarnya, akan bekerja gaya yang melawan gaya dari prime mover, sehingga putaran akan sedikit menurun.

Untuk generator yang besar, dimana arus eksitasinya tidak diambil dari kumparan jangkarnya, maka pada saat terjadi pembangkitan tegangan di jangkar, tidak akan terjadi aliran arus di kumparan jangkarnya, sehingga gaya yang bekerja pada rotor yang melawan gaya dari prime mover adalah nol, atau tidak terjadi, sehingga putaran rotor tidak akan menurun.

Dengan menambah beban generator, maka arus beban (I) akan semakin bertambah, sehingga gaya yang dihasilkan untuk melawan gaya prime mover akan semakin besar, sehingga putaran rotor akan semakin turun.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium Mesin-mesin Listrik Universitas PGRI Palembang pada tanggal 15 Juli 2015 dengan sampel generator adalah :

- Jenis : Generator sinkron dengan penggerak diesel.
- Daya : 5 kW.
- Tegangan : 220 volt.
- Fasa : 1
- Frekwensi : 50 Hz.
- Putaran : 1500 rpm.
- Eksitasi : 45 volt dc (eksitasi sendiri).

Generator tersebut malayani sebuah transformator welder 2500 watt dengan satu buah kepala welder. Elektroda yang digunakan adalah dua jenis yaitu dengan diameter 2,6 mm dan diameter 3,2 mm. Data-data penelitian diberikan pada tabel 1 berikut :

Tabel 1. Data-data pengoperasian welder.

No.	Elektroda	V _{out} (volt)	I _{out} (amp)	V _f (volt)	I _f (amp)	n (rpm)
1	2,6 mm	30/12	125	45/18	8,5	1480
2	3,2 mm	30/10	176	45/15	14,8	1430

Perhitungan dilakukan untuk menentukan fluksi, tegangan output, dan gaya lawan pada rotor, untuk dua jenis elektroda yang digunakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan fluksi magnet.

Fluksi magnet dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (6) yaitu :

$$\varphi = \frac{N \cdot I}{\mathfrak{R}}$$

Bila $\frac{N}{\mathfrak{R}} = \text{konstanta} = k$.

Maka persamaan fluksi tersebut dapat ditulis sebagai berikut :

$$\varphi = k \cdot I$$

Dimana :

$$I = I_f \text{ (arus eksitasi medan).}$$

Sehingga persamaan di atas akan menjadi :

$$\varphi = k \cdot I_f$$

Untuk Elektroda 2,6 mm.

$$I_f = 8,5 \text{ ampere.}$$

$$\varphi = k \cdot I_f$$

$$\varphi = k \cdot 8,5 \text{ weber}$$

$$\varphi = 8,5 k \text{ weber}$$

Elektroda 3,2 mm.

$$I_f = 14,8 \text{ amper.}$$

$$\varphi = k \cdot I_f$$

$$\varphi = k \cdot 14,8 \text{ weber}$$

$$\varphi = 14,8 k \text{ weber}$$

Tegangan keluaran generator.

Menurut Zuhail dalam bukunya "Teknik Tenaga Listrik" 1991, tegangan keluaran generator dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dasar generator, dengan menganggap transformator welder yang digunakan adalah transformator ideal, persamaan tersebut adalah :

$$E_o = c . n . \phi$$

Dimana :

c = konstanta generator.

n = putaran rotor.

Bila ke dalam persamaan tersebut dimasukkan persamaan fluksi, maka akan didapatkan persamaan berikut :

$$E_o = c . n . k . I_f$$

atau :

$$E_o = c . k . I_f . n$$

Dimana :

c.k = k₁ = konstanta.

Maka persamaan tersebut akan menjadi :

$$E_o = k_1 . I_f . n$$

Untuk menentukan besarnya konstanta k₁, maka diambil nilai-nilai pada data di tabel 1, dan diasumsikan E sebesar 12 volt.

$$I_f = 8,5 \text{ ampere.}$$

$$n = 1480 \text{ rpm.}$$

Maka dari persamaan di atas akan diperoleh :

$$k_1 = \frac{E_a}{I_f . n}$$

$$k_1 = \frac{12}{(8,5).(1480)}$$

$$k_1 = 0,000954.$$

Dengan demikian dapat dihitung besarnya tegangan output generator yaitu :

Untuk Elektroda 2,6 mm.

$$I_f = 8,5 \text{ ampere.}$$

$$n = 1480 \text{ rpm.}$$

$$E_a = k_1 . I_f . n \left(\frac{219,4}{30} \right)$$

$$= (0,000954).(8,5).(1480).(7,3133)$$

$$E_a = 87,77 \text{ volt.}$$

Elektroda 3,2 mm.

$$I_f = 14,8 \text{ ampere.}$$

$$n = 1430 \text{ rpm.}$$

$$E_a = k_1 \cdot I_f \cdot n \left(\frac{219,4}{30} \right)$$

$$= (0,000954) \cdot (14,8) \cdot (1430) \cdot (7,3133)$$

$$E_a = 147,65 \text{ volt.}$$

Untuk tegangan keluaran sampai di kepala las, maka dapat ditentukan sebagai berikut :

Untuk Elektroda 2,6 mm.

$$I_f = 8,5 \text{ ampere.}$$

$$n = 1480 \text{ rpm.}$$

$$E_a = k_1 \cdot I_f \cdot n$$

$$= (0,000954) \cdot (8,5) \cdot (1480)$$

$$E_a = 12 \text{ volt.}$$

Untuk Elektroda 3,2 mm.

$$I_f = 14,8 \text{ ampere.}$$

$$n = 1430 \text{ rpm.}$$

$$E_a = k_1 \cdot I_f \cdot n$$

$$= (0,000954) \cdot (14,8) \cdot (1430)$$

$$E = 20,2 \text{ volt.}$$

3. Gaya lawan pada rotor.

Besarnya gaya yang berlawanan arah dengan gaya yang dihasilkan oleh prime mover dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (9) yaitu :

$$F_{fe} = B \cdot I \cdot \ell$$

Dimana :

B = kerapatan fluksi, yang besarnya adalah :

$$B = \frac{\Phi}{A}$$

$$B = \frac{k \cdot I_f}{A}$$

Dimana : A = luas penampang inti rotor (konstanta).

Bila : $\frac{k}{A} = k_2$ maka akan diperoleh persamaan :

$$B = k_2 \cdot I_f$$

Jika persamaan B tersebut disubstitusikan ke persamaan F_{fe} di atas, maka akan didapatkan persamaan berikut :

$$F_{fe} = k_2 \cdot I_f \cdot \ell \cdot I$$

Dimana :

ℓ = panjang lintasan fluksi, sebagai konstanta.

maka :

$$k_2 \cdot \ell = k_3 \text{ (sebagai konstanta baru).}$$

Sehingga persamaan gaya lawan pada rotor adalah :

$$F_{fe} = k_3 \cdot I_f \cdot I$$

Dimana : I = arus beban generator.

Dengan menggunakan persamaan tersebut, maka besarnya gaya lawan pada rotor dapat dihitung sebagai berikut :

Elektroda 2,6 mm.

$$I_f = 8,5 \text{ ampere.}$$

$$I = 125 \text{ ampere/ph.}$$

$$F_{fe} = k_3 \cdot I_f \cdot I$$

$$= (8,5) \cdot (125) \cdot k_3$$

$$= 1062,5 \text{ k}_3 \text{ Nt.}$$

Elektroda 3,2 mm.

$$I_f = 14,8 \text{ ampere.}$$

$$I = 176 \text{ ampere/ph.}$$

$$F_{fe} = k_3 \cdot I_f \cdot I$$

$$= (14,8) \cdot (176) \cdot k_3$$

$$= 2604,8 \text{ k}_3 \text{ Nt.}$$

Dari perhitungan tegangan output, fluksi dan gaya lawan pada rotor, maka hasilnya dapat dibuat pada tabel 2 sebagai berikut :

Tabel 2. Hasil pengamatan dan hasil perhitungan.

No.	Elektroda (mm)	Pengukuran V_{out} (volt/ph)	Perhitungan		
			V_{out} (volt/ph)	fluksi (weber)	F_{fe} (Nt)
Untuk satu kepala las dengan dua jenis elektroda					
1	2,6	12	12	8,5 k	1062 k ₃
2	3,2	10	20,20	14,8 k	2604,8 k ₃

Dari tabel 2 di atas dapat dilihat bahwa pada saat terjadi proses welder (pengelasan), maka tegangan kerja akan mengalami drop dari 30 volt menjadi 12 volt untuk elektroda 2,6 mm dan dari 30 volt menjadi 10 volt untuk elektroda 3,2 mm.

Hal tersebut terjadi karena besarnya arus yang diserap oleh beban, yang mengakibatkan terjadinya jatuh tegangan.

Tegangan hasil perhitungan merupakan tegangan yang semestinya dibangkitkan pada saat welder (pengelasan), tetapi karena arus yang diserap oleh beban sangat besar, maka tegangan yang terukur tidaklah sebesar yang dibangkitkan, selisihnya merupakan jatuh tegangan di benda kerja dan di penghantar saluran, dan di elektroda las.

Pada saat dilakukan welder (pengelasan), akan terjadi gaya lawan yang arahnya berlawanan dengan arah putaran penggerak mula (prime mover), sehingga akan mengurangi

gaya dari penggerak mula (prime mover) tersebut. Hal ini akan mengurangi kecepatan putaran rotor, seperti terlihat pada data-data di tabel 1.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan yaitu :

1. Saat generator melayani welder (pengelasan), maka akan terjadi drop tegangan di sistem kelistrikan sehingga tegangan yang terukur akan lebih kecil dari pada tegangan yang dibangkitkan.
2. Arus pembebanan pada generator mengakibatkan terjadinya gaya lawan yang arahnya berlawanan dengan arah putaran prime mover, sehingga putaran rotor menjadi turun.
3. Bila arus beban yang dipikul oleh generator bertambah, maka gaya lawan yang terjadi akan semakin besar pula. Beban yang paling berat dari generator tersebut adalah pada saat welder menggunakan elektroda 3,2 mm.

DAFTAR PUSTAKA

1. Muslimin Marapung. "Teknik Tenaga Listrik" Penerbit Amrico Bandung. 1980.
2. Margareth R. Taber. "Electric Circuit Analysis" Mc. Graw Hill, London, 1960.
3. Soeparno. "Mesin Listrik I" Dept. Pendidikan dan Kebudayaan. Jakarta . 1978.
4. Soeparno. "Mesin Listrik 2" Dept. Pendidikan dan Kebudayaan. Jakarta . 1979.
5. Sumanto, " Motor listrik Arus bolak balik ", andi offset, Yogyakarta 1993.
6. Zuhail. "Dasar Tenaga Listrik." Penerbit ITB, Bandung, 1991.