

PENGARUH BEBAN INDUKTIF TERHADAP SISTEM TENAGA LISTRIK

Ahmad Yanie, Erwin, Safar Ibrahim Matondang

Universitas Harapan Medan

yanie7578@gmail.com

Abstrak

Dalam semua bidang kehidupan dunia dewasa ini, semakin tergantung pada energi listrik, baik sebagai sumber penggerak mesin, alat penerangan, alat perhubungan, alat komunikasi dan sebagainya. Pertumbuhan yang semakin besar di bidang teknik elektro perlu dilayani oleh sumber daya manusia yang tangguh. Listrik yang berkualitas sangat diinginkan konsumen, agar konsumen merasa puas dengan pelayanan yang baik. Sistem tenaga listrik harus mampu menyediakan tenaga listrik bagi pelanggan dengan frekuensi yang konstan. Daya listrik yang keluar dari trafo daya kemudian di distribusikan kekonsumen merupakan daya aktif dan daya reaktif. Daya aktif ialah daya yang sebenarnya terpakai untuk melakukan usaha (daya nyata). Daya reaktif ialah jumlah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet. Contoh alat listrik yang mempengaruhi daya reaktif ialah transformator, motor listrik, lampu pijar, dan lain-lain. Frekuensi yang stabil merupakan salah satu jenis pelayanan yang harus dipenuhi suatu pembangkit, karena frekuensi yang tidak stabil dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan elektronik. Jelas ini sangat merugikan konsumen rumah tangga dan perkantoran dan bagi dunia industri frekuensi yang tidak stabil dapat menyebabkan putaran motor listrik dapat berubah-ubah pastinya ini mengganggu proses produksi. Penyimpangan frekuensi dan nilai nominal harus selalu dalam batas-batas toleransi yang diizinkan.

Kata-Kata Kunci: *Beban, Frekuensi, Induktif, Daya*

I. Pendahuluan

Dalam semua bidang kehidupan dunia dewasa ini, semakin tergantung pada energi listrik. Frekuensi yang stabil merupakan salah satu jenis pelayanan yang harus dipenuhi pembangkit, karena frekuensi yang tidak stabil dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan elektronik, jelas ini sangat merugikan konsumen rumah tangga dan perkantoran dan bagi dunia industri frekuensi yang tidak stabil dapat menyebabkan putaran motor listrik dapat berubah-ubah pastinya ini dapat mengganggu proses produksi. Penyimpangan frekuensi dari nilai nominal harus selalu dalam batas toleransi yang diperbolehkan. Berdasarkan alasan-alasan tersebut, untuk itu perlu diperhatikan beberapa hal yang harus dipenuhi agar suatu sistem tenaga listrik dapat beroperasi dengan baik, yaitu:

1. Sistem pembangkit harus senantiasa mampu untuk memenuhi semua kebutuhan beban.
2. Frekuensi sistem harus senantiasa dipertahankan dalam batas-batas yang diizinkan.
3. Tegangan sistem harus senantiasa dipertahankan dalam batas-batas penyimpangan yang diperkenankan.

Bila terdapat keseimbangan daya nyata antara pembangkit dengan beban, maka spesifikasi akan terpenuhi secara otomatis. Pada kondisi yang mantap (steady state), jumlah daya nyata total sistem pembangkit sama dengan daya total beban ditambah dengan rugi-rugi. Ketidak seimbangan daya nyata akan segera terlihat dari pengaruh perubahan frekuensi sistem, yang disebabkan oleh perubahan kecepatan putaran generator.

Apabila pembangkitan yang tidak mampu memenuhi kebutuhan beban, maka hal ini dapat diatasi dengan salah satu cara berikut:

1. Menghidupkan unit pembangkit tenaga cadangan (unit pembangkit tenaga untuk keadaan darurat) yang dapat diasut (di start) dari keadaan dingin sampai keadaan beban penuh dalam waktu singkat.
2. Melepaskan beban yang dianggap kurang penting.
3. Melaksanakan penjadwalan kembali unit pembangkit listrik.

II. Tinjauan Pustaka

Pada sistem pembangkitan tenaga listrik yang menggunakan bahan bakar fosil, energi panas diubah menjadi energi mekanis. Dengan bantuan prime over (penggerak mula) energi mekanik tersebut akan diubah menjadi energi listrik melalui generator. Energi akan terbentuk karena perpaduan antara elemen-elemen bahan bakar dengan oksigen. Energi yang dihasilkan akan digunakan untuk mengubah bentuk (air, angin dan lain-lain) menjadi bentuk uap, mekanis dan lain-lain yang akan dihasilkan masuk kedalam penggerak mula atau turbin. Turbin dihubungkan secara mekanis dengan generator dan turbin ini akan menggerakkan/mengatur generator sehingga dihasilkan energi listrik.

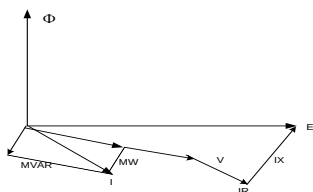
Bila ada suatu gangguan yang menyebabkan putaran generator listrik turun terlalu banyak, maka sesuatu harus dilakukan dengan menambah putaran mekanis guna memulihkan keseimbangan, sedemikian sehingga kecepatan putaran kembali normal. Agar kecepatan kembali dapat

dipertahankan pada harga konstan, maka besar putaran mekanis pada turbin dan putaran generator listrik harus sama. Proses ini harus dijaga terus-menerus pada sistem pembangkitan, sebab beban akan selalu berubah-ubah secara terus-menerus. Jika daya keluaran generator lebih tinggi dari pada kebutuhan, maka generator cenderung mempertinggi kecepatan dan frekuensi akan naik, begitu juga sebaliknya. Frekuensi listrik yang berubah-ubah dapat merusakkan peralatan secara terus-menerus dan bila terdapat kecenderungan bahwa frekuensi akan naik atau turun dalam waktu cukup lama, maka harus diambil tindakan. Operasi sistem tenaga pada frekuensi yang lebih rendah dari pada ketentuan (perubahan frekuensi maksimum yang diperkenankan adalah antara 5% dan 10%) akan mempengaruhi kualitas pemasokan daya dan secara ketat tidak diperbolehkan dengan alasan-alasan:

1. Bila sistem tenaga beroperasi pada frekuensi dibawah 5% dari 50Hz, maka turbin uap akan mengalami getaran yang berlebihan pada rotor turbin. Sehingga logam akan mengalami keausan dan akan mengalami kerusakan pada sudu-sudu turbin.
2. Bila frekuensi tenaga beroperasi dibawah 5% dari 50Hz, maka peralatan kontrol/pengaturan terbuka dan unit pembangkitan menjadi terbebani secara penuh. Kemudian penurunan frekuensi lebih lanjut akan mengurangi efisiensi mekanis peralatan bantu pada unit pembangkitan tenaga uap, khusus pompa pengisian boiler. Akibat perpanjangan operasi pada frekuensi rendah adalah penurunan keluaran pembangkitan dan suatu kerugian pada tenaga yang lain.
3. Sementara frekuensi turun, pemacu (exciter) generator kehilangan kecepatan dan gaya gerak listrik (ggl) generator akan turun, tegangan pada unit-unit system akan trip. Kondisi ini akan menyebabkan drop tegangan, sehingga terjadi pemutusan tenaga listrik ke konsumen.

2.1 Karakteristi Generator Sinkron

Dalam sistem pusat tenaga listrik secara umum memakai generator sinkron tiga fasa untuk membangkitkan tenaga listrik. Sehingga pengaturan frekuensi sistem tergantung dari karakteristik generator sinkron. Diagram vektor dari karakteristik generator sinkron ialah seperti diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram vektor dari fluks magnetic (Φ), gaya gerak listrik (E), arus (I) dan tegangan jepit dari sebuah generator sinkron.

Keterangan:

R: Tahanan kumparan stator generator

X: Reaktansi kumparan stator generator

MW: Daya aktif yang dihasilkan generator

MVAR: Daya reaktif yang dihasilkan generator

Dari Gambar 1 terlihat bahwa pengaturan arus medan generator hanya akan mempengaruhi panjang pendek dari vektor Φ yang kemudian akan mempengaruhi panjang pendek dari vektor E sebanding dengan $d\Phi/dt$. Apabila kopel penggerak salah satu generator sinkron diperbesar, maka rotor (kutub) generator akan bergerak maju dalam arti bahwa vektor Φ akan bergerak ke arah yang memperbesar komponen daya aktif (MW) dari generator sinkron.

Penambahan kopel pemutar generator memerlukan tambahan bahan bakar pada unit pembangkit tenaga uap. Sehingga produksi memerlukan bahan bakar pada pembangkitan, dalam hal ini untuk mengubah air menjadi uap pada tungku boiler. Menurut hukum Newton ada hubungan antara kopel mekanis penggerak generator dengan perputaran generator yaitu:

$$(TG-TB) = H (dw/dt) \dots \dots \dots (1)$$

Di mana:

TG=Kopel penggerak generator

TB=Kopel beban yang membebani generator

H =Momen inersia dari generator

W =Kecepatan sudut perputaran generator

Frekuensi yang dihasilkan oleh generator adalah:

$$F = W/2\pi \dots \dots \dots (2)$$

Ini berarti bahwa pengaturan frekuensi dalam system berarti juga secara tidak langsung pengaturan kopel penggerak generator juga berarti pengaturan daya aktif generator.

2.2 Daya aktif generator sinkron

Daya aktif adalah daya nyata yang dihasilkan oleh suatu generator, dapat ditulis sebagai berikut:

$$P = VL \cdot IL \cdot \cos\Phi \text{ untuk 1 fasa} \dots \dots \dots (3)$$

$$P = \sqrt{3} \cdot VL \cdot IL \cdot \cos\Phi \text{ untuk 3 fasa} \dots \dots \dots (4)$$

Di mana:

P=Daya aktif (Watt)

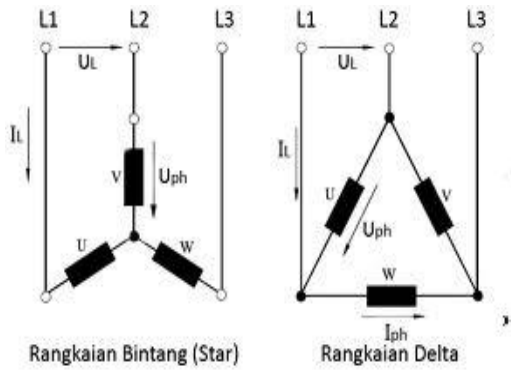
VL=Tegangan Line (Volt)

IL =Arus line (Ampere)

$\cos\Phi$ =Sudut fasa antar tegangan dan arus

2.3 Hubungan bintang dan delta

Alternator 3 fasa, kumparan jangkar/fasanya dapat dihubungkan dalam hubungan bintang (Y) atau hubungan delta (Δ), gambar diagram satu garis hubungan bintang dan hubungan delta seperti terlihat pada Gambar 2 berikut:



Gambar 2. Hubungan bintang dan delta

Hubungan bintang yaitu ujung-ujung kumparan jangkar/phase yang berpolaritas sama dihubungkan (disatukan) dan hubungan bintang ini ada terminal nol (N) dan ada pula tanda terminal nol, dimana:
 V_L = Tegangan terminal phase dengan phase
 V_{L-N} = Tegangan terminal phase dengan nol atau netral, dan

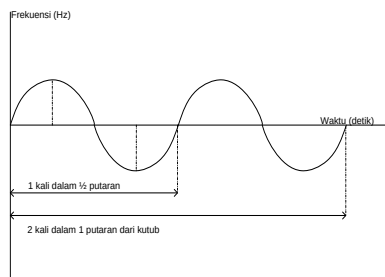
$$V_{L-L} = \sqrt{3} \cdot V_{L-N}$$

Jadi polaritas R_L , Y_L dan R_L sejenis. Hubungan delta yaitu ujung-ujung kumparan jangkar/phase yang berpolaritas berlawanan dihubungkan seperti terlihat pada gambar diatas. Hubungan delta ini, tidak mempunyai titik netral atau terminal nol, jadi hanya ada tegangan terminal phase ke phase yaitu: V_{L-L} . Jadi polaritasnya:

R_1 dengan B_2 berlawanan
 B_1 dengan Y_2 berlawanan
 Y_1 dengan R_2 berlawanan

III. Frekuensi generator sinkron

Pada suatu alternator ada suatu hubungan tertentu antara putaran (N) dari rotor frekuensi dari Emf yang dibangkitkan dan juga jumlah kutub-kutubnya (D). Misalkan konduktor jangkar ditandai dengan (X) ditempatkan pada garis pusat suatu kutub N (Utara) yang berputar dengan arah sesuai dengan arah putaran jarum jam. Konduktor menjadi berada pada tempat yang mempunyai rapat flux maximum pula. Frekuensi pada generator sinkron dapat diperoleh melalui bantuan Gambar 3.



Gambar 3. Diagram putaran generator arus bolak-balik kutub empat 2 periode 1 putaran.

Ditentukan bahwa:

P =Jumlah kutub magnetis

F =Frekuensi untuk membangkitkan emf (Hz)

Jumlah putaran kutub/perputaran= $P/2$..(5)

Jumlah putaran/det= $n/60$(6)

Maka frekuensi dinyatakan:

$f = (P/2) \times (n/60)$(7)

$f = (P \times n) / 120$ Hz..... (8)

III. Metode Penelitian

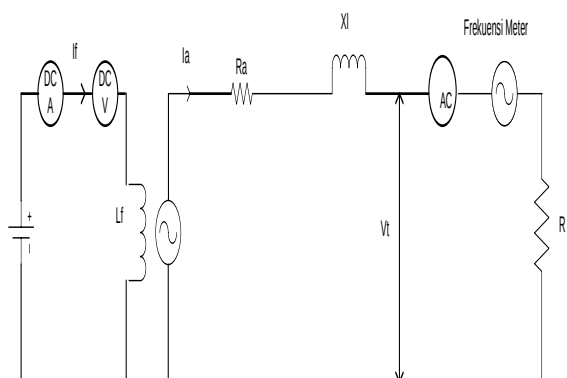
Dalam penelitian ini diperlukan informasi dan data-data yang merupakan bahan-bahan dalam penelitian, yakni yang bersumber dari:

1. Buku teks sebagai bahan acuan, dalam hal ini yang ada kaitannya dengan permasalahan mengenai pengaruh perubahan frekuensi pada sistem tenaga listrik akibat perubahan beban.
2. Karya ilmiah yang ada kaitannya dengan pengaruh perubahan frekuensi pada sistem tenaga listrik.
3. Data sistem tenaga listrik sebagai karakteristik yang harus diamati adalah yang diambil praktikum laboratorium konversi energi yang terdiri dari data generator sinkron 3 phase, penggerak mula (motor induksi 3 phase), beban induktif.
4. Generator sinkron 3 phase 4 kutub type STC5

Daya (P)	=5 Kw
V_{L-L}	=380Volt
V_{L-N}	=220Volt
F Out	=50 Hz
Cos Q	=0,8
Excitation Voltage	=8,2Volt
Excitation Current	=3,6 Ampere
5. Motor induksi 3 phase 4 kutub merk TECO

Daya	=5,5Kw
Putaran	=1500rpm
Frekuensi	=50Hz
Tegangan	=380Volt
Arus	=11,9Ampere

Rangkaian Percobaan:



Gambar 4. Rangkaian percobaan pembebanan induktif.

IV. Analisa Dan Hasil

Tabel 1. Hasil pengukuran

Iag (amp)	P (watt)	VL-N (volt)	VL-L (volt)	N (rpm)	CosØ	Frekuensi (HZ)
0,2	100	220	380	1490	1	49,83
0,55	220	219	375	1480	1	49,67
0,8	320	217,5	370	1476	0,99	49,63
1,05	420	216,5	365	11470	0,98	49,53

Dalam pembangkit-pembangkit bahwa yang dapat mempengaruhi perubahan frekuensi adalah akibat perubahan beban.

Data hasil penelitian adalah sebagai berikut:
Beban Induktif:

$V_{fg} = 43\text{ Volt}$

$I_{fg} = 2,2\text{ Ampere}$

$V_{L-L}/V_{L-N} = 380\text{ Volt}/220\text{ Volt}$

Rumus untuk mencari frekuensi (f):

$$f = (P/2) \times (n/60) \text{ Hz}$$

Untuk, $n = 1495\text{ rpm}$

$$f = (4/2) \times (1495/60) = 49,83 \text{ Hz}$$

$$\text{Untuk, } n = 1490\text{ rpm} = 49,66 \text{ Hz}$$

$$\text{Untuk, } n = 1489\text{ rpm} = 49,63 \text{ Hz}$$

$$\text{Untuk, } n = 1486\text{ rpm} = 49,53 \text{ Hz}$$

Tabel 2. Hasil Perhitungan

No	Iag (amp)	P (watt)	VL-N (volt)	VL-L (volt)	N (rpm)	Cos Ø
1	0,2	100	220	380	1495	1
2	0,55	220	219	375	1490	1
3	0,8	320	217,5	370	1489	0,99
4	1,05	420	216,5	365	1486	0,98

V. Kesimpulan

Dari hasil pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pada beban 100W, V_t masih konstan dan penurunan frekuensi menjadi 49,83
2. Pada beban 220 W, V_t mengalami penurunan $V_{L-L} = 375\text{ Volt}$ dan $V_{L-N} = 219\text{ Volt}$, frekuensi mengalami penurunan menjadi 49,67 Hz
3. Pada beban 320 W, V_t mengalami penurunan sebesar $V_{L-L} = 370\text{ Volt}$ dan $V_{L-N} = 217,5\text{ Volt}$, frekuensi mengalami penurunan menjadi 49,63Hz
4. Pada beban 420W, V_t mengalami penurunan sebesar $V_{L-L} = 365\text{ Volt}$ dan $V_{L-N} = 216,5\text{ Volt}$, frekuensi mengalami penurunan menjadi 49,53Hz

Daftar Pustaka

- [1] Abdul Kadir, 200, *Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik*’, Penerbit Universitas Indonesia: Jakarta.
- [2] A.S. Pabla/Ir Abdul Hadi, 1991, *Sistem Distribusi Daya Listrik*, Penerbit Erlangga, Cetakan Kedua, Jakarta.
- [3] Hanapi gunawan, 1988, *Mesin dan Rangkaian Listrik*, Penerbit Erlangga : Jakarta..
- [4] B.L. Theraja, 1978, *A Text Book Of Electrical Technology*, Revised Edition, S.Chan & Company, New Delhi.
- [5] Standar Kelistrikan Indonesia, 1988, *Spesifikasi Desain Untuk Jaringan Tegangan Menengah dan Jaringan Tegangan Rendah*, Penerbit Departemen Pertambangan dan Energi : Jakarta.
- [6] Standar Kelistrikan Indonesia, 1986, *Keandalan Sistem Distribusi*, Departemen Pertambangan dan Energi : Jakarta.
- [7] T. S. Hutaeruk, 1990, *Transmisi Daya Listrik*, Penerbit Erlangga: Jakarta
- [8] *Peraturan Umum Instalasi Listrik Indonesia (PUIL) 2000*.
- [9] William Stevenson, 1990, *Analisa Sistem Tenaga Listrik* (Terjemahan), Penerbit Erlangga, Jakarta