

SIMULASI VARIASI BEBAN TERHADAP JATUH TEGANGAN DENGAN MENGGUNAKAN "NE9070 POWER SYSTEM SIMULATOR"

Rinaldy D.*, Agung S.**

*Staff pengajar jurusan Elektro FTUI

**Mahasiswa jurusan Elektro FTUI

ABSTRAK

Dalam memenuhi kebutuhan konsumen akan tenaga listrik, dibutuhkan suatu sistem tenaga listrik yang baik yaitu selain dapat diandalkan, juga mutu dari listrik yang disampaikan haruslah baik pula.

Untuk dapat menjaga tegangan yang disampaikan ke konsumen dalam sistem tenaga listrik pada besaran yang diinginkan, yang perlu diperhatikan adalah besarnya jatuh tegangan yang terjadi pada saat pengiriman dan penerimaan tenaga listrik. Jatuh tegangan ini disebabkan oleh peralatan-peralatan yang digunakan oleh sistem tenaga listrik yang dimulai dari pembangkit, saluran transmisi, sampai ke sistem distribusi dan beban yang dipikul.

Karena sifat beban pada konsumen yang bervariasi, perlu dilakukan simulasi untuk melihat pengaruhnya terhadap jatuh tegangan pada sisi penerima. Simulasi dilakukan dengan menggunakan "NE9070 Power System Simulator" produksi TecEquipment.

I. Pendahuluan

Tegangan adalah salah satu parameter dalam sistem tenaga listrik yang besarnya harus dijaga konstan. Pada suatu sistem tenaga listrik yang baik, selain dapat diandalkan juga menghasilkan mutu listrik yang baik, yang salah satunya berkaitan dengan kualitas tegangan yang diterima konsumen. Mutu yang baik adalah apabila tegangan (dalam keadaan tunak) yang diterima konsumen masih berada dalam batas toleransi yang ditetapkan oleh peraturan. Di Indonesia misalnya, batas toleransi ini tidak boleh melebihi dari 5 % (PUIL 1977 No.413 A5).

Sehubungan dengan batas toleransi tersebut, maka yang perlu diperhatikan adalah besarnya jatuh tegangan yang terjadi. Besaran ini menunjukkan nilai pengaturan tegangan pada suatu sistem.

Jatuh tegangan pada sistem tenaga listrik yang melampaui batas toleransi dan dalam selang waktu yang cukup lama, entah yang disebabkan oleh adanya gangguan ataupun yang disebabkan oleh komponen-komponen sistem tenaga, dapat mempengaruhi unjuk kerja peralatan-peralatan listrik yang digunakan konsumen.

Simulasi dengan menggunakan "NE9070 Power System Simulator" produksi TecEquipment berikut ini dilakukan untuk

melihat fenomena pengaruh beban (dalam hal ini menurut sifatnya) terhadap jatuh tegangan pada suatu sistem tenaga listrik.

II. Teori dan Analisis Model Sistem

Jatuh tegangan pada suatu sistem tenaga listrik didefinisikan sebagai besarnya beda tegangan antara sisi pengirim dan sisi penerima. Besarnya jatuh tegangan ini biasanya dinyatakan dalam persentase.

Jatuh tegangan ini disebabkan oleh komponen-komponen sistem tenaga dan arus yang diserap beban dalam sistem tenaga listrik. Komponen sistem tenaga yang sangat mempengaruhi jatuh tegangan pada umumnya adalah saluran transmisi.

Secara umum besarnya jatuh tegangan didapat melalui persamaan:^[1]

$$V_D = I (R \cos \theta + X \sin \theta)$$

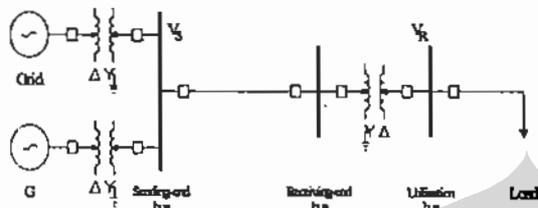
Dimana I adalah arus yang mengalir pada sistem dan θ adalah sudut faktor daya ($\theta = \theta_V - \theta_I$).

Persamaan diatas adalah persamaan jatuh tegangan untuk saluran distribusi, saluran transmisi pendek atau untuk perhitungan yang mengabaikan efek kapasitansi saluran.

Dari persamaan diatas terlihat bahwa variasi beban menurut sifatnya ($\cos \theta$)

berpengaruh pada porsi perkaliannya dengan komponen impedansi ($Z = R + jX$). Sehingga pada suatu saluran transmisi yang pada umumnya mempunyai nilai $R \ll X$ terjadi perbedaan kemiringan (*slope*) penambahan nilai jatuh tegangan terhadap arus untuk pembebanan yang bersifat resistif, induktif maupun kapasitif.

Perbedaan ini akan lebih jelas bila diterangkan pada suatu model sistem dengan variasi pembebanan. Gambar berikut adalah salah satu contoh model sistem :



Gambar 1. Diagram satu garis untuk model sistem satu generator dan jala-jala tak berhingga.

Model diatas adalah model sistem tenaga listrik sederhana dimana pada sistem terdapat satu generator dan jala-jala tak berhingga yang beroperasi bersama-sama untuk mensuplai beban melalui saluran transmisi. Model sistem ini dapat dianalisis untuk melihat pengaruh variasi beban berdasarkan sifatnya terhadap jatuh tegangan menurut fungsi arus ataupun besarnya pembebanan, dengan mengkondisikan :

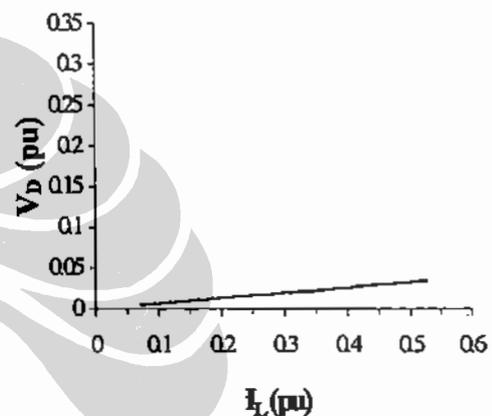
- Besarnya tegangan sisi pengirim (V_s) pada *sending-end bus* tetap.
- Tegangan sisi penerima (V_R) dan jatuh tegangan (V_D) dihitung pada bus utilisasi (*utilisation bus*).
- Efek kapasitansi saluran transmisi diabaikan.
- Beban seimbang pada tiap fasa.
- Data sistem :^[2]
 - Base daya = 2 kVA
 - Base tegangan = 220 V
 - Base arus = 5,25 A
 - Base impedansi = 24,2 Ω
 - $V_s = 1$ pu
 - $Z_{line} = 0,015 + j0,5$ pu = 0,5002 $\angle 88,282^\circ$ pu
 - $Z_{rafo} = 0,05 + j0,13$ pu = 0,1393 $\angle 68,962^\circ$ pu

- Pembebanan maksimum beban statik adalah 2 kW atau 2 kVAR dan untuk beban dinamik adalah 2 kVA.

Pengkodisian ini bermaksud untuk menyamakan analisis perhitungan dengan keadaan pada saat simulasi, sehingga keduanya dapat dibandingkan.

Kasus 1 : Beban Resistif Murni

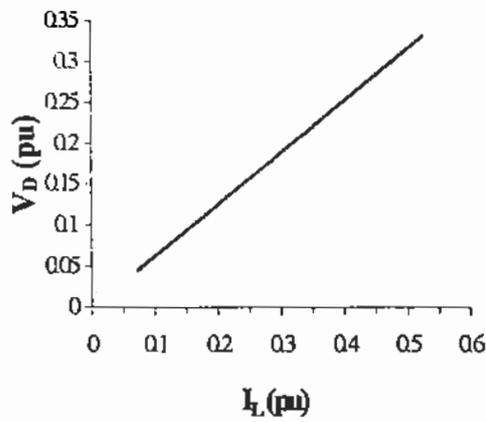
Pada kasus ini dilakukan pembebanan resistif murni pada sistem. Untuk kasus ini karena bebannya bersifat resistif murni dimana $\cos \theta = 1$ & $\sin \theta = 0$, sehingga hanya resistansi (R) saja dari komponen impedansi (Z) yang mempengaruhi jatuh tegangan. Dengan demikian hasil analisis perhitungan dapat dilihat pada grafik berikut :



Gambar 2. Grafik jatuh tegangan terhadap arus untuk pembebanan resistif murni.

Kasus 2 : Beban Induktif Murni

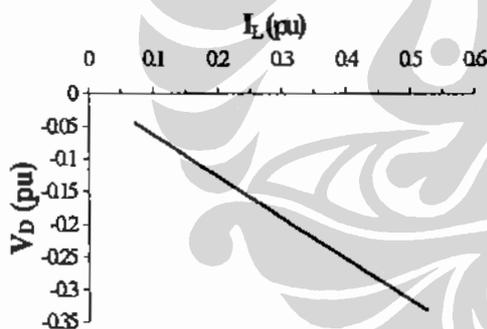
Pada kasus ini dilakukan pembebanan induktif murni pada sistem. Untuk kasus ini karena bebannya bersifat induktif murni dimana $\cos \theta = 0$ & $\sin \theta = 1$, sehingga hanya reaktansi (X) saja dari komponen impedansi (Z) yang mempengaruhi jatuh tegangan. Dengan demikian hasil analisis perhitungan dapat dilihat pada grafik berikut :



Gambar 3. Grafik jatuh tegangan terhadap arus untuk pembebanan induktif murni.

Kasus 3 : Beban Kapasitif Murni

Pada kasus ini dilakukan pembebanan kapasitif murni pada sistem. Untuk kasus ini karena bebannya bersifat kapasitif murni dimana $\cos \theta = 0$ & $\sin \theta = -1$, sehingga hanya reaktansi (X) saja dari komponen impedansi (Z) yang mempengaruhi jatuh tegangan. Nilai jatuh tegangan yang negatif menunjukkan bahwa yang terjadi adalah pertambahan nilai tegangan, dimana tegangan sisi penerima lebih tinggi dari tegangan sisi pengirim. Hasil analisis perhitungan dapat dilihat pada grafik berikut :



Gambar 4. Grafik jatuh tegangan terhadap arus untuk pembebanan kapasitif murni.

Kasus 4 : Beban Dinamik

Untuk kasus ini digunakan motor induksi sebagai beban. Pada kasus ini terdapat dua keadaan yaitu keadaan transien dan keadaan tunak. Keadaan transien terjadi beberapa saat diawal start motor. Pada keadaan sesaat ini terjadi jatuh tegangan yang sangat besar. Hal ini disebabkan karena arus yang diperlukan pada

saat start motor bisa mencapai 3 - 5 arus nominal.

Pada saat simulasi digunakan motor induksi dengan data (nominal) sebagai berikut:

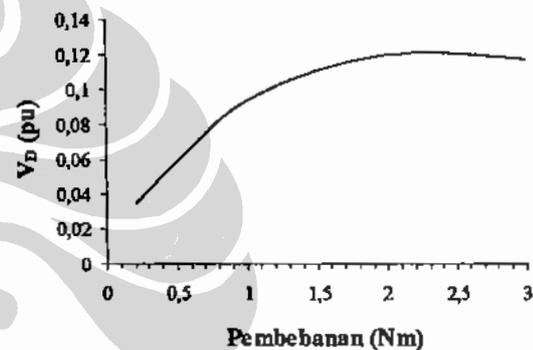
- Motor 3 phasa 2 kVA terhubung Δ .
- Rpm = 1420 & f = 50 Hz
- V = 110 V & I = 10 A

dan dengan data kecepatan rotor (rps) dan $\cos \theta$ untuk pembebanan yang sama seperti pada simulasi :

Tabel 1. Pembebanan motor induksi.

Pembebanan (Nm)	Kecepatan rotor (rps)	Cos θ
0,2	24.867	0,28 (lag)
1	24.7	0,48 (lag)
2	24.4	0,66 (lag)
3	23.95	0,81 (lag)

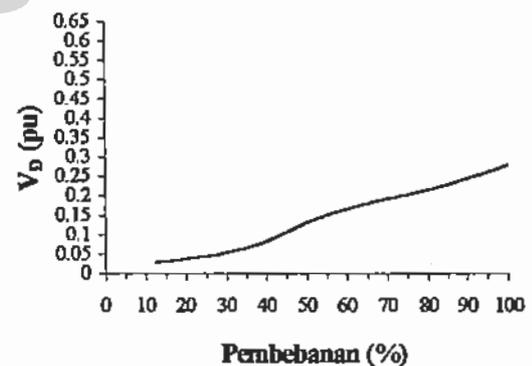
didapatkan besarnya jatuh tegangan terhadap pertambahan beban seperti pada grafik berikut:



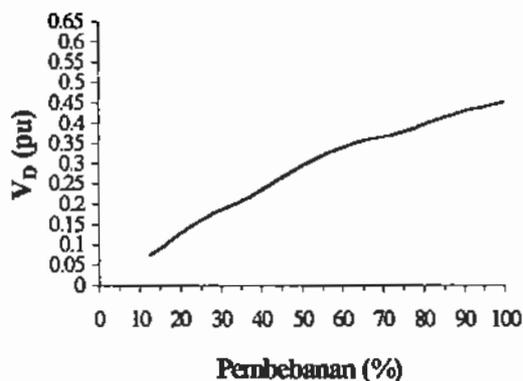
Gambar 5. Grafik jatuh tegangan terhadap pembebanan dinamik.

III. Analisis Hasil Simulasi

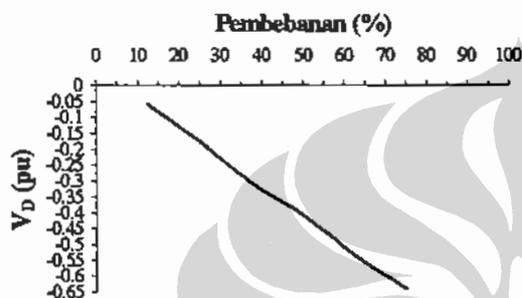
Hasil simulasi untuk model sistem dan kasus yang sama seperti pada bagian II dapat dilihat pada grafik berikut :



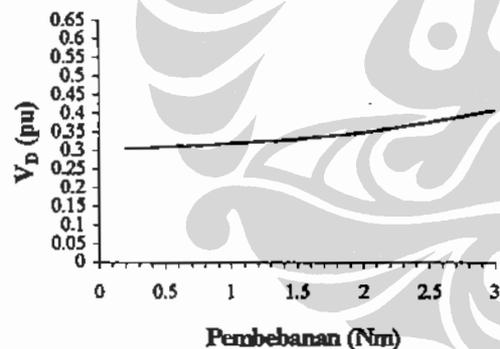
Gambar 6. Grafik jatuh tegangan terhadap pembebanan resistif murni hasil simulasi.



Gambar 7. Grafik jatuh tegangan terhadap pembebanan induktif murni hasil simulasi.



Gambar 8. Grafik jatuh tegangan terhadap pembebanan kapasitif murni hasil simulasi.



Gambar 9. Grafik jatuh tegangan terhadap pembebanan dinamik hasil simulasi.

Dari keseluruhan simulasi terlihat bahwa meskipun besaran-besaran yang didapat dari hasil simulasi berbeda bila dibandingkan dengan analisis perhitungan, tetapi keduanya mempunyai kecenderungan yang sama yaitu dalam hal kemiringan (*slope*) jatuh tegangan untuk kasus sifat beban yang sama.

Kecenderungan yang terlihat adalah :

- Untuk kasus pembebanan resistif murni terjadi *slope* yang landai yang berarti

pertambahan arus hanya sedikit mempengaruhi pertambahan jatuh tegangan.

- Untuk kasus pembebanan induktif murni terjadi *slope* yang curam yang berarti pertambahan arus diikuti oleh pertambahan jatuh tegangan yang cukup besar.
- Untuk kasus pembebanan kapasitif murni terjadi *slope* yang curam berharga negatif, yang berarti pertambahan arus diikuti dengan bertambahnya tegangan pada sisi penerima (jatuh tegangan negatif) yang cukup besar.
- Untuk kasus pembebanan dinamik, terjadi *slope* yang landai tetapi dimulai dari harga V_D yang cukup besar.

IV. Kesimpulan

1. Jatuh tegangan mempengaruhi kualitas listrik suatu sistem tenaga listrik.
2. Besarnya jatuh tegangan yang terjadi dipengaruhi oleh sifat beban, impedansi peralatan sistem tenaga (khususnya impedansi saluran dan transformator), dan besarnya arus yang mengalir pada sistem.
3. Berdasarkan analisis perhitungan dan simulasi dengan menggunakan "NE9070 Power System Simulator" produksi TecQuipment ternyata variasi beban berdasarkan sifatnya mempengaruhi kemiringan (*slope*) jatuh tegangan terhadap pertambahan beban/arus dimana :
 - Untuk beban yang semakin bersifat resistif, *slope* yang terjadi semakin landai.
 - Untuk beban yang semakin bersifat induktif, *slope* yang terjadi semakin curam.
 - Untuk beban yang semakin bersifat kapasitif, yang terjadi adalah pertambahan tegangan (jatuh tegangan berharga negatif) dengan *slope* yang semakin curam.
 - Untuk beban dinamik terjadi jatuh tegangan yang besar beberapa saat pada awalnya (transien), kemudian setelah tunak maka kenaikan jatuh tegangan tergantung pada pembebanan dan sudut dayanya.

Daftar Acuan

- [1] Gnani, Turan. 1986. *Electric Power Distribution System Engineering*. Mc Graw Hill Inc.
- [2] NE9070 Power System Simulator Manual Book.