

**PENGGUNAAN KURVA $V-Q$ DENGAN $P-V$ DALAM
ANALISIS KESTABILAN TEGANGAN UNTUK
MENENTUKAN JENIS KOMPENSASI STATIS**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana
dari Universitas Andalas

Oleh

TAUFIQ SABIRIN

02 175 027

Dosen Pembimbing

ADRIANTI, M. T.

132 211 623



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ANDALAS**

PADANG

2007

Abstrak

Masalah stabilitas tegangan sistem tenaga umumnya terjadi pada sistem yang berbeban berat; peralatan yang ada hampir mencapai batas pembebanannya. Ketidakstabilan tegangan ini disebabkan oleh karena adanya kekurangan suplai daya reaktif pada suatu rel beban. Kompensasi daya reaktif seperti kapasitor *shunt* atau seri bisa digunakan sebagai solusi dari permasalahan ini. Sebelum memberikan kompensasi, lokasi atau rel yang paling lemah terhadap ketidakstabilan tegangan mesti ditentukan terlebih dahulu. Metode kurva $V-Q$ bisa digunakan untuk tujuan tersebut. Dengan mengambil magnituda tegangan dan margin daya reaktif pada titik kritis, kita bisa menemukan rel beban manakah yang paling lemah. Selain untuk menemukan rel beban yang lemah, penelitian ini juga dilakukan untuk melihat konfigurasi kompensasi manakah yang lebih baik antara kapasitor *shunt* atau kapasitor seri. Efek kompensasi dapat dianalisis dari kurva $P-V$ yang didapatkan dengan menggunakan program *Power System Analysis Toolbo...*. Analisis ini dilakukan pada sistem IEEE 14 bus yang sudah dimodifikasi (diberi penambahan beban) sehingga diperoleh dua kondisi sistem yaitu sistem berbeban lebih ringan dan berbeban lebih berat. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kapasitor seri membuat tegangan sistem lebih baik untuk kedua kondisi. Transfer daya di titik kritis untuk sistem yang berbeban lebih ringan, paling baik diberikan oleh kapasitor *shunt* 150 MVar. Untuk sistem berbeban lebih berat, transfer daya paling baik diberikan oleh kapasitor seri 150 MVar.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Stabilitas tegangan sekarang telah menjadi masalah utama dalam perencanaan dan pengoperasian sistem tenaga. Telah banyak peralatan listrik yang mencapai batasannya dalam menghadapi stabilitas tegangan. Ketidakstabilan tegangan dan runtuh tegangan telah menyebabkan beberapa kegagalan sistem besar.

Masalah stabilitas tegangan ini muncul akibat penggunaan dari fasilitas transmisi seintensif mungkin ketimbang membangun fasilitas transmisi yang baru dalam menyalurkan daya ke beban yang terus meningkat (sistem yang berkembang). Peningkatan dari penggunaan saluran transmisi yang ada agar dapat memenuhi permintaan kenaikan beban menjadi mungkin dengan adanya kompensasi daya reaktif.

Stabilitas tegangan bergantung pada bagaimana daya reaktif Q (dan juga daya aktif P) bervariasi di suatu daerah mempengaruhi tegangan V pada bus beban. Hubungan antara V - Q memberikan sensitivitas dan variasi dari tegangan bus sesuai dengan injeksi/penyerapan daya reaktif sehingga cocok digunakan untuk memeriksa kebutuhan kompensasi daya reaktif. Sebuah metode analisis stabilitas tegangan yang menggambarkan hubungan antara magnituda tegangan V dengan daya reaktif Q dapat digunakan untuk mencari margin daya reaktif, yang berkaitan erat dengan tegangan, pada sistem yang diteliti.

Berdasarkan aliran daya diketahui bahwa tegangan memiliki hubungan yang proporsional dengan transfer daya reaktif. Dengan kata lain, kualitas tegangan pada suatu titik di sistem tenaga sangat ditentukan oleh transfer daya reaktif di titik tersebut. Transfer daya reaktif yang semakin besar akan menghasilkan kualitas tegangan yang bagus. Namun, pada prakteknya hal ini tidak bisa

dilakukan dikarenakan ada keterbatasan dalam transfer daya reaktif pada sistem tenaga.

Berbeda halnya dengan transfer daya aktif, daya reaktif tidak bisa ditransmisikan untuk jarak yang jauh. Daya reaktif tidak bisa ditransmisikan melalui sudut daya yang besar walaupun dengan menambah gradien besar tegangan. Sudut daya tinggi disebabkan oleh saluran yang panjang dan transfer daya real yang besar. Hal ini menjadi semakin sulit dengan adanya persyaratan untuk mempertahankan besar tegangan pada nilai 1 per unit $\pm 5\%$.

Kesulitan dalam transmisi daya reaktif memaksa perancang sistem tenaga untuk mencari solusi alternatif untuk memperbaiki tegangan dengan transfer daya reaktif yang kecil. Perbaikan nilai tegangan pada suatu titik di sistem bisa dilakukan dengan menggunakan kompensasi daya reaktif. Kapasitor *shunt* atau seri dapat digunakan sebagai kompensasi daya reaktif yang harganya relatif lebih murah dibandingkan dengan peralatan kompensasi lainnya.

1.2 Identifikasi Masalah

Sebelumnya telah disebutkan bahwa penggunaan intensif saluran transmisi menyebabkan sistem bekerja pada wilayah yang rentan akan ketidakstabilan tegangan. Ketidakstabilan tegangan ini disebabkan oleh karena adanya kekurangan suplai daya reaktif pada suatu bus beban.

Kekurangan suplai daya reaktif ini dapat ditentukan dengan menggunakan kurva $V-Q$. Dari kurva $V-Q$ dapat diketahui margin daya reaktif yang ada pada suatu bus. Oleh karenanya, kurva $V-Q$ bisa digunakan untuk menyisir daerah yang rentan terhadap ketidakstabilan tegangan pada suatu sistem tenaga. Hasil penyisiran tadi dapat digunakan untuk menentukan solusi memperbaiki kualitas tegangan menggunakan kompensasi. Solusi yang terbaik dapat ditentukan dengan menggunakan metode kurva $P-V$.

Permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana caranya untuk memperbaiki stabilitas tegangan sistem tenaga listrik dengan menggunakan kompensasi daya reaktif dan konfigurasi manakah yang merupakan solusi terbaik khususnya untuk sistem yang diteliti.

1.3 Tujuan

Penelitian dilakukan dengan tujuan untuk:

1. Membuat kurva $V-Q$ untuk menentukan kondisi stabilitas tegangan pada sistem yang dianalisis;
2. Mencari *bus-bus* yang lemah terhadap stabilitas tegangan;
3. Mencari solusi dan membandingkan kompensasi daya reaktif mana yang lebih baik antara kapasitor *shunt* dengan kapasitor seri

1.4 Manfaat

Hasil dari penelitian ini dapat memberikan manfaat berupa suatu program yang memiliki kemampuan untuk membantu insinyur sistem tenaga dalam menentukan *bus* yang lemah terhadap stabilitas tegangan (metode kurva $V-Q$) dan untuk melihat unjuk kerja kompensasi yang diberikan pada *bus* yang dicurigai lemah tadi (metode kurva $P-V$). Penelitian ini bermanfaat dalam meningkatkan kekuatan sistem yang diuji yang pada akhirnya akan meningkatkan kestabilan sistem tersebut.

1.5 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan dua metode untuk mendapatkan hasil. Metode yang pertama adalah metode kurva $V-Q$. Kurva $V-Q$ didapatkan dengan mengambil hubungan V dengan Q . *Bus* beban yang akan dianalisis sebelumnya diubah menjadi *bus* pembangkit. Magnituda tegangan pada *bus* tersebut akan divariasikan yang kemudian lewat program aliran daya biasa, nilai daya reaktif *bus* beban yang telah diubah tadi akan dicatat untuk setiap variasi magnituda tegangannya. Dari kurva $V-Q$, informasi tentang *bus* beban yang paling lemah bisa didapatkan.

Penentuan *bus* yang terlemah adalah berdasarkan kriteria nilai margin daya reaktif dan magnituda tegangan terkecil. Kedua nilai ini didapatkan dari hubungan titik kritis kurva dengan *zero crossing point*. Titik kritis dari kurva $V-Q$ adalah titik terbawah dari kurva atau titik saat turunan V terhadap Q adalah nol. *Zero crossing point* adalah titik perpotongan antara kurva $V-Q$ dengan sumbu nol. *Bus*

beban yang memiliki margin terkecil adalah tersangka utama yang rentan terhadap stabilitas tegangan.

Bus beban yang rentan terhadap ketidakstabilan tegangan akan diberikan kompensasi statis. Kompensasi statis yang digunakan adalah kapasitor shunt dan seri. Akan ada tiga nilai kompensasi yaitu 50 MVar, 100 MVar, dan 150 MVar untuk melihat aksi kompensasi manakah yang terbaik dalam hal mengatasi ketidakstabilan tegangan.

Efek kompensasi dapat dilihat dengan menggunakan bantuan kurva $P-V$. Kurva $P-V$ adalah metode yang mengambil hubungan daya dengan magnituda tegangan beban. Daya di sisi beban akan ditingkatkan dengan suatu kenaikan dan pada setiap variasinya akan dilihat nilai magnituda tegangan beban bersangkutan. Dari kedua parameter ini kemudian dibentuklah kurva $P-V$ dengan parameter pembebanan adalah variabel bebas dan magnituda tegangan adalah variabel tak bebas. Parameter pembebanan adalah faktor pengali daya beban. Informasi yang dibutuhkan dari kurva $P-V$ ini adalah parameter pembebanan dan magnituda tegangan terbesar untuk melihat efek kompensasi. Parameter pembebanan terbesar dan/atau nilai magnituda tegangan terbesar yang paling kecil menunjukkan baiknya aksi sebuah kompensasi.

1.6 Batasan Masalah

Dalam melakukan penelitian ini ada beberapa hal yang menjadi batasan terhadap permasalahan yang diangkat. Batasan-batasan ini diberikan untuk menjaga agar bahasan penelitian tidak melebar (keluar dari tujuan). Adapun batasan-batasan yang diberikan adalah:

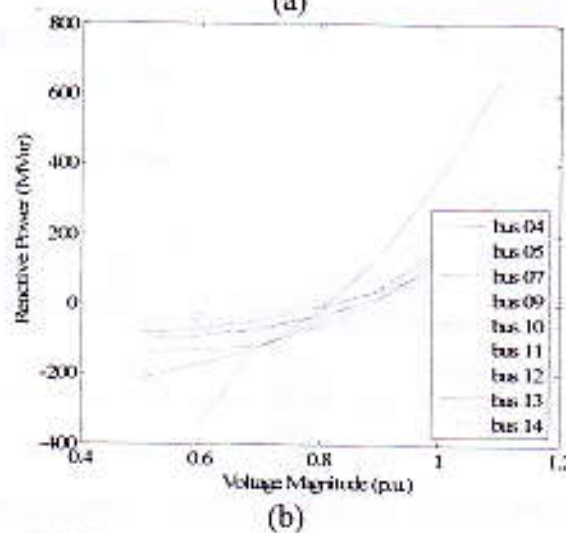
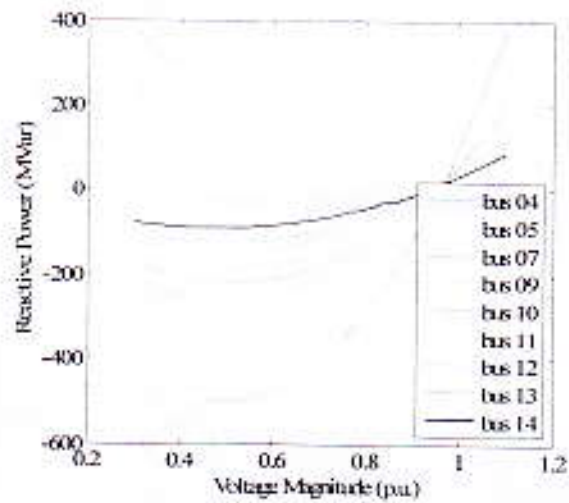
- a. Analisis stabilitas dilakukan dengan menggunakan metode analisis statis;
- b. Tidak memperhitungkan sistem distribusi;
- c. *Bus* beban dianggap pada daya konstan (model beban statis);
- d. Karena menggunakan analisis statis, efek dinamis dari elemen penyusun sistem seperti waktu kerja pengontrol tegangan, dan sebagainya tidak diperhitungkan atau dianggap terjadi dalam waktu yang instan;
- e. Metode kurva $V-Q$ dalam penelitian ini dibangun dalam lingkungan MatLab versi 7.01 *Service Pack 1*;

BAB IV

HASIL DAN ANALISIS SERTA PEMBAHASAN

4.1 Kurva $V-Q$

Gambar 4.1 memperlihatkan kurva $V-Q$ hasil simulasi program "runVQcurve" (kode sumber program ini bisa dilihat pada Lampiran B). Dari kurva didapatkan bahwa bus yang lemah terhadap stabilitas tegangan adalah bus 14.



Gambar 4.1 Kurva $V-Q$ sistem 14 bus IEEE: (a) modifikasi satu; (b) modifikasi dua

BAB V SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Dari hasil penelitian dapat diambil beberapa simpulan sebagai berikut:

1. Kurva $V-Q$ bisa didapatkan dengan menggunakan aliran daya konvensional.
2. Kurva $V-Q$ terbukti memberikan informasi yang tepat untuk mencari bus beban yang rentan terhadap ketidakstabilan tegangan.
3. Kapasitor *shunt* pada kapasitas 150 MVar memberikan peningkatan batas pembebanan/transfer daya yang lebih besar dibandingkan kapasitor seri untuk sistem modifikasi satu yaitu sistem yang berkondisi beban ringan.
4. Kapasitor seri pada kapasitas 150 MVar memberikan peningkatan batas pembebanan/transfer daya yang lebih besar dibandingkan kapasitor *shunt* untuk sistem modifikasi dua yaitu sistem yang berkondisi beban berat.
5. Kapasitor seri pada kapasitas 150 MVar memperbaiki tegangan sistem lebih baik dibandingkan kapasitor *shunt* untuk sistem modifikasi satu (berbeban ringan) dan dua (berbeban berat).
6. Berdasarkan 2 dan 3, kapasitor seri lebih baik dalam hal memperbaiki stabilitas tegangan untuk sistem yang berbeban berat jika dibandingkan dengan kapasitor *shunt*.
7. Disamping kinerjanya yang bagus dalam hal memperbaiki stabilitas tegangan, kapasitor seri memiliki suatu keterbatasan, nilai yang terlalu kecil atau besar akan mengakibatkan ketidakstabilan.

5.2 Saran

Khusus ditujukan bagi siapa saja yang berminat untuk melanjutkan atau melakukan penelitian harus menggunakan kedua metode analisis statis ini (kurva $P-V$ dan $V-Q$) dalam hal menyelidiki stabilitas tegangan dan efek kompensasi daya reaktif terhadapnya, penulis menganjurkan beberapa saran yang dapat

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- [1] C.W. Taylor, *Power System Voltage Stability*. McGraw-Hill, 1994.
- [2] Robert W. Jackson, "*Post-Transient Stability Analysis*" Imperial Valley Study Group SDG&E Transmission Planning, 2005
- [3] Western Electricity Coordinating Council Reactive Reserve Working Group, *Guide to WECC/NERC Planning Standards 1.D : Voltage Support and Reactive Power*, March 30, 2006.
- [4] F. Milano, "*PSAT, Matlab-based Power System Analysis Toolbox*". 2002, available at <http://tenderloin.ece.cornell.edu/~fmm/psat/>.
- [5] Prabha Kundur, *Power System Stability and Control*. McGraw-Hill, 1994.
- [6] John J. Grainger and William D. Stevenson Jr., *Power System Analysis*. McGraw-Hill, 1994.
- [7] T. S. Hutaaruk, *Transmisi Daya Listrik*. Penerbit Erlangga, 1994.
- [8] R. D. Zimmerman, C. E. Murrillo-Sanchez and D. Gan, *Matpower, Version 3.0.0, User's Manual*, Power System Engineering Research Center, Cornell University, 2005, available at <http://www.pserc.cornell.edu/matpower/matpower.html>.