

PERBAIKAN TEGANGAN BUS AKIBAT GANGGUAN KONTINGENSI DENGAN MENGGUNAKAN INJEKSI SUMBER DAYA REAKTIF

Yasin Mohamad, ST., MT¹

INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan-perubahan tegangan bus setelah dilakukan perbaikan profil tegangan akibat gangguan kontingensi dengan melakukan injeksi sumber daya reaktif.

Metode analisis kontingensi ini dilakukan dengan metode aliran daya Newton Rapshon Y_{bus} . Sedangkan untuk perbaikan profil tegangan dilakukan dengan cara menginjeksi sumber daya reaktif berupa kapasitor yang dipasang pada bus-bus yang tegangannya lemah.

Hasil perbaikan menunjukkan terjadi perubahan tegangan hampir pada semua bus setelah dilakukan pemasangan kapasitor. Untuk gangguan yang terjadi pada saluran tambaklorok-bawen dipasang pada bus 31, bus 33, bus 52. Untuk gangguan yang terjadi pada saluran tambaklorok-ungaran dipasang pada bus 31. Sedangkan untuk gangguan pada saluran krapk-rdrut dipasang pada bus 12, bus 14, bus 16, bus 31 dan pada bus 33. Dengan kapasitas kapasitor yang digunakan adalah @ 2 x 25 MVA.

Kata-Kata Kunci : Kontingensi, bus, kapasitor

ABSTRACT

this study aims to determine the voltage changes after the improvement of bus voltage profil due to contingency interference with the conduct reactive power injection source.

The method of contingency analysis was conducted by Newton- Rapshon Y_{bus} power flow method. As for voltage profile Improvement is done by injecting reactive power sources in the form of capasitors installed on the buses that the voltage is weak.

Results showed improvements voltage changes almost on all the buses after the installation of capasitors. The contingency that occur in Tambaklorok-Bawen channel installed on the bus 31, bus 33 ,and bus 52 . The contingency that occur in Tambaklorok-Ungaran channel installed in the bus 31. And the contingency that occur Krapk- Rdrut channel installed on bus 12, bus 14, bus 16, bus 31 and bus 33, with a capacity of capasitors used is @ 2 x 25 MVA.

Key words: Contingency, buses, capasitors

¹Yasin Mohamad, ST., MT, Dosen jurusan Elektro Universitas Negeri Gorontalo

PENGANTAR

Persoalan stabilitas tegangan merupakan persoalan yang sangat penting dalam hal perencanaan dan operasi dalam sistem tenaga listrik. Ketidakstabilan tegangan akan menyebabkan ketidakmampuan sistem untuk menyuplai daya yang dibutuhkan oleh beban (Maram , 2003).

Stabilitas tegangan merupakan suatu persoalan yang sangat penting dalam sistem tenaga listrik yang mempunyai saluran transmisi panjang dengan kapasitas pembebanan yang besar, sehingga hal ini dapat menyebabkan ketidakstabilan tegangan pada sistem tenaga listrik tersebut dan pada akhirnya dapat menyebabkan terjadinya jatuh tegangan (Taylor, 1994).

Jatuh tegangan pada sistem tenaga listrik merupakan rangkaian kejadian lanjutan dari ketidakstabilan tegangan disaat tegangan menurun secara cepat dan tak terkendali. Fenomena jatuh tegangan dapat diakibatkan antara lain oleh sumber daya reaktif yang tidak sesuai, kenaikan tingkat beban yang tidak terduga akibat kondisi yang tidak biasanya pada sistem daya, atau oleh karena pengaruh gangguan pada sistem tenaga listrik seperti gangguan kontingensi yaitu terputusnya salah satu saluran transmisi, transformator, atau generator.

Terjadinya perubahan pada saluran transmisi yang disebabkan oleh suatu gangguan misalnya gangguan kontingensi tersebut, maka akan dapat menyebabkan perubahan nilai impedansi total saluran transmisi. Perubahan ini menyebabkan daya yang dikirimkan menjadi lebih besar dibanding dengan kemampuan saluran transmisi tersebut, sehingga hal ini menyebabkan ketidakstabilan tegangan.

Antisipasi terhadap gangguan tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan analisis kontingensi (*contingency analysis*). Menurut Beng dan Tjing (1984), bahwa analisis kontingensi merupakan suatu analisis yang digunakan untuk memprediksi aliran daya dan kondisi-kondisi tegangan bus bila terjadi gangguan-gangguan yang antara lain : outage saluran transmisi, outage transformator, outage beban, outage unit pembangkit, outage kapasitor/reaktor dan sebagainya.

Stevenson dan Grainger (1998) mengatakan bahwa upaya untuk mengurangi kerusakan-kerusakan yang terjadi karena gangguan-gangguan tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan analisis kontingensi, karena analisis kontingensi

merupakan suatu analisis untuk mengetahui perubahan aliran daya dan perubahan tegangan tiap bus saat terjadi pelepasan saluran transmisi tersebut.

TINJAUAN PUSTAKA

Perkembangan permintaan atau kebutuhan beban listrik yang semakin cepat menyebabkan perlunya perluasan sistem tenaga listrik dengan cara menghubungkan antara sistem yang satu dengan sistem yang lainnya melalui saluran penghubung (interkoneksi). Dengan adanya sistem tenaga listrik yang terhubung tersebut secara interkoneksi maka akan meningkatkan kompleksitas dalam operasi sistem tenaga.

Kondisi operasi sistem tenaga listrik dapat dibagi dalam tiga bagian (Dhar, 1982) yaitu : (1) kondisi normal; (2) Kondisi Gangguan; (3) Kondisi perbaikan (*Recovery*). Kondisi normal merupakan suatu kondisi yang kebutuhan seluruh beban pada sistem tersebut dapat dilayani dengan memenuhi seluruh kekangan-kekangan operasi itu sendiri.

Gangguan yang terjadi misalnya lepasnya unit pembangkit, hubung singkat dengan terbukanya saluran transmisi, kenaikan beban diluar perkiraan dan sebagainya dan menyebabkan dua bentuk kondisi gangguan. Dalam kondisi gangguan pertama, sistem tenaga listrik dalam keadaan stabil, tetapi beroperasi dengan pelanggaran terhadap beberapa batasan operasi. Namun demikian pada kondisi ini kebutuhan beban konsumen dapat dilayani, tetapi timbul kondisi tegangan dan frekuensi yang tidak normal sehingga terjadi pelanggaran batasan-batasan pembebanan dari beberapa saluran dan peralatan. Kondisi ini dapat ditoleransi dalam periode waktu tertentu. Sementara untuk kondisi gangguan kedua, sistem tenaga listrik menjadi tidak stabil, sehingga beban-beban tidak dapat disuplay sepenuhnya. Hal ini menyebabkan pelanggaran terhadap batasan pembebanan dan batasan operasi. Bila tindakan perbaikan (*Recovery*) tidak segera dilakukan, maka sistem akan mengalami pemadaman secara total (*Blackout*).

Aliran Daya

Pada evaluasi kontingensi, perhitungan aliran daya dan tegangan pada sistem tenaga listrik merupakan bagian yang sangat penting dan jaringan direpresentasikan dalam rangkaian satu fasa. Setiap bus dikategorikan dalam empat kondisi yaitu tegangan (V), daya aktif (P), daya reaktif (Q) dan sudut fasa (δ). Dalam perhitungan

aliran daya dikenal nama bus referensi (swing bus), bus beban (load bus) dan bus pembangkit (generator bus).

Salah satu metode aliran daya yang banyak digunakan adalah metode Newton-Raphson, karena iterasinya lebih singkat dan proses komputasinya lebih cepat. Selanjutnya dalam metode tersebut, persamaan daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) pada bus p dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$P_p - jQ_p = E_p^* \cdot I_p \dots\dots\dots(1)$$

Jika persamaan arus $I_{bus} = [Y_{bus}] \cdot E_{bus}$ maka persamaan di atas dapat menjadi :

$$I_p = Y_{p1} \cdot E_1 + Y_{p2} \cdot E_2 + Y_{p3} \cdot E_3 + \dots = \sum_{q=1}^n Y_{pq} E_q \dots\dots\dots(2)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (4) ke dalam persamaan (5) maka didapat persamaan pada bus p sebagai berikut :

$$P_p - jQ_p = E_p^* \cdot \sum_{q=1}^n Y_{pq} E_q \dots\dots\dots(3)$$

Secara umum tujuan dari analisis aliran daya adalah dimaksudkan untuk mendapatkan (Saadat, 1999) :

1. Besar dan sudut tegangan masing-masing bus sehingga bisa diketahui tingkat pemenuhan batas-batas operasi yang diperbolehkan.
2. Besar arus dan daya yang dialirkan lewat jaringan, sehingga bisa diidentifikasi tingkat pembebanannya.
3. Kondisi awal bagi studi-studi selanjutnya, seperti studi kontingensi yang sedang dibahas dalam penelitian ini.

Analisis Kontingensi

Analisis kontingensi dilakukan dengan mensimulasi gangguan kontingensi tunggal saluran transmisi pada perhitungan aliran daya Newton- Raphson. Dalam perhitungan analisis kontingensi ini dilakukan pemutusan bus pada sistem yang mengalami gangguan kontingensi tunggal, sehingga dalam proses perhitungan aliran daya tidak menyertakan satu saluran yang mengalami gangguan tersebut. Hasil perhitungan analisis kontingensi ini digunakan untuk menentukan besaran –besaran tegangan bus, sudut fase tegangan, dan aliran daya setelah terjadi gangguan tersebut, sedangkan formulasi perhitungannya sama dengan perhitungan aliran daya Newton-Rapshon Y_{bus} .

Kapasitor Sebagai Sumber Daya Reaktif

Penempatan kapasitor sebagai sumber daya reaktif yang di tempatkan pada bus yang mengalami gangguan akan dapat mengakibatkan perubahan pada tegangan bus tersebut, sehingga penempatan secara tepat dan pemasangan kapasitor dengan jenis dan ukuran kapasitas yang akurat dapat mengurangi rugi-rugi saluran (chiang, 1995). Disamping itu injeksi sumber daya reaktif dalam hal ini kapasitor yang dipasang secara paralel dapat juga berfungsi sebagai pengatur tegangan bus.

Ada beberapa macam pemasangan kapasitor adalah sebagai berikut :

- a. Kapasitor Seri yaitu kapasitor sebagai injeksi sumber daya reaktif dipasang seri dengan jaringan.
- b. Kapasitor Shunt yaitu kapasitor sebagai injeksi sumber daya reaktif yang dihubungkan secara paralel dengan jaringan. Kapasitor shunt ini terdiri dari unit-unit standar antara 15 sampai 1800 kVAR.

Ada dua cara dalam pemakaian kapasitor shunt yaitu :

- Kapasitor tetap
- Kapasitor dengan saklar

Kapasitor tetap adalah injeksi sumber daya reaktif dengan kapasitor yang selalu terpasang di jaringan. Besar kapasitas dari kapasitor ini sudah tetap dan biasanya digunakan pada jaringan distribusi primer yang mempunyai beban relatif konstan. Kenaikan tegangan akibat pemasangan kapasitor tetap pada jaringan relatif kecil.

Kapasitor dengan saklar adalah injeksi sumber daya reaktif yang dapat dihubungkan dan dilepaskan dari jaringan sesuai dengan keadaan beban, ini digunakan pada daerah yang mempunyai perubahan beban relatif besar.

Keuntungan dari penggunaan kapasitor sebagai injeksi sumber daya reaktif dibandingkan dengan sumber daya reaktif yang lainnya adalah sebagai berikut :

- Harganya relatif lebih murah
- Ringan dan praktis pemasangannya
- Tidak mempunyai bagian yang bergerak dan pemeliharaannya mudah

Sementara itu juga memiliki beberapa kerugian antara lain

- Kapasitor mempunyai rating tertentu sehingga kadang-kadang sulit untuk memenuhi ukuran yang tepat

- Jika kapasitor rusak tidak dapat diperbaiki karena memerlukan sistem pengamanan yang memadai.

CARA PENELITIAN

Penelitian ini pada dasarnya merupakan kajian terhadap *existing system* yang dilakukan untuk mengetahui perubahan tegangan tiap *bus* akibat terjadinya gangguan kontingensi tunggal yang berupa terputusnya salah satu saluran, dan kemudian melakukan perbaikan tegangan dengan injeksi sumber daya reaktif . Sehubungan dengan belum adanya sistem transmisi 150 kV di daerah Gorontalo , maka data dari sistem tenaga listrik yang diteliti adalah pada sistem transmisi 150 kV yang berada di Jawa yaitu Sistem Interkoneksi Area III Jawa Tengah dan DIY yang merupakan sistem interkoneksi Jawa-Bali.

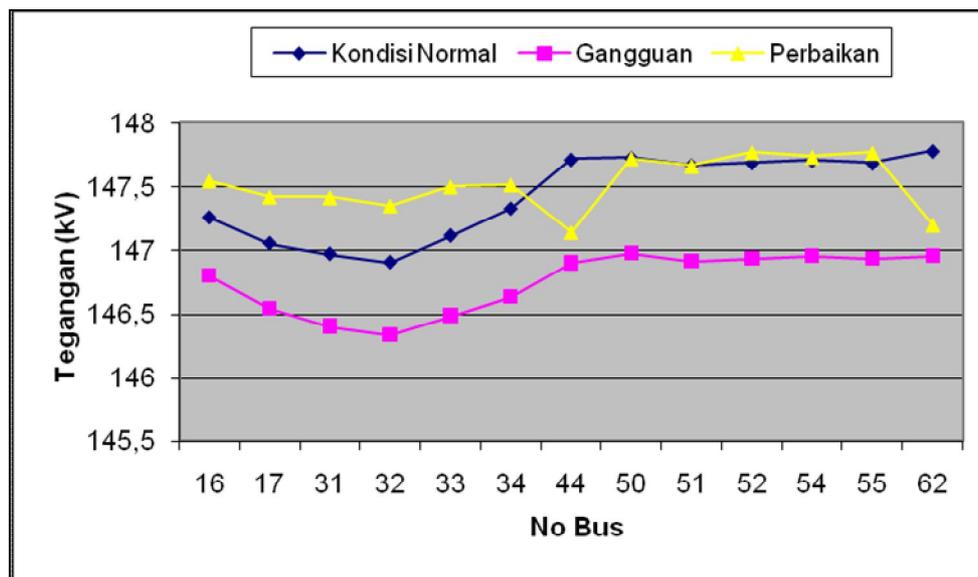
Metode yang digunakan dalam penelitian ini dengan model simulasi aliran daya. Penelitian ini dilakukan dengan cara Simulasi dengan menggunakan program aplikasi *EDSA Technical 2000 (Electrical Distribution and Transmission System Analysis)* . Adapun tahapan penelitian adalah dengan membagi beberapa kasus yaitu sistem dalam kondisi sebelum gangguan, sistem dalam kondisi gangguan dan sistem dalam kondisi setelah dilakukan perbaikan sebagai berikut :

1. Membuat gambar Sistem Tenaga Listrik Jawa Tengah-DIY pada lembar kerja program aplikasi *aplikasi EDSA (Electrical Distribution and Transmission System Analysis)*.
2. Meng-input semua data yang diperlukan dalam simulasi yaitu data-data parameter saluran dan beban.
3. Adapun base yang digunakan dalam simulasi ini adalah 100 MVA dan base tegangan adalah 150 kV.
4. Menentukan jenis kasus yang akan dilakukan simulasi yaitu pada saat sistem sebelum gangguan (kondisi normal), kemudian pada saat sistem mengalami gangguan berupa kontingensi dan pada saat recovery atau perbaikan kembali.
5. Memilih jenis gangguan berupa gangguan kontingensi.
6. Pemilihan jenis gangguan ini berdasarkan saluran yang mentrasfer daya terbesar.

7. Kemudian melakukan perbaikan kembali tegangan (recovery), apabila ada tegangan-tegangan bus yang keluar dari batas yang telah ditetapkan setelah terjadi gangguan berupa kontingensi.
8. Pengaturan kembali tersebut dilakukan dengan cara menginjeksi sumber daya reaktif (Mvar) pada bus-bus yang mengalami gangguan kontingensi.
9. Membandingkan profil tegangan sebelum dan setelah terjadi gangguan.
10. Membandingkan profil tegangan sebelum dan setelah dilakukan perbaikan.

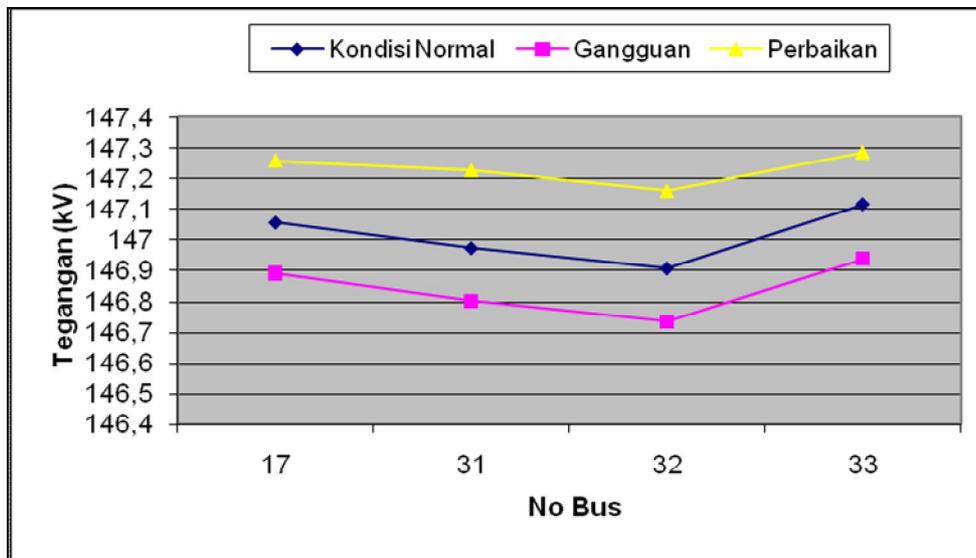
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil simulasi, perbaikan tegangan setelah terjadi gangguan berupa gangguan kontingensi yang terjadi pada saluran Tambaklorok-Bawen seperti diperlihatkan pada grafik 1. Perbaikan tegangan dilakukan dengan menginjeksi sumber daya reaktif yaitu dengan menggunakan kapasitor yang dipasang pada bus 31, bus 33 dan bus 52, dengan kapasitas @ 2 x 25 MVA.



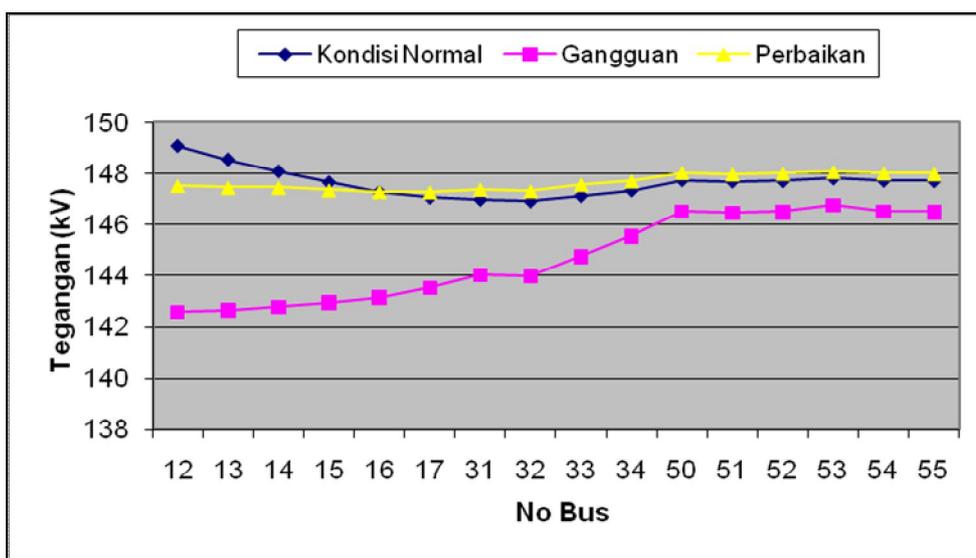
Grafik 1. Perbaikan tegangan sesudah gangguan pada Saluran Tambaklorok-Bawen

Sedangkan perbaikan tegangan setelah terjadi gangguan yang terjadi pada saluran Tambaklorok-Ungaran seperti diperlihatkan pada grafik 2. Perbaikan tegangan dilakukan dengan menginjeksi sumber daya reaktif yaitu dengan menggunakan kapasitor yang dipasang pada bus 31 dengan kapasitas @ 2 x 25 MVA.



Grafik 2. Perbaikan tegangan sesudah gangguan pada Saluran Tambaklorok-Ungaran

Sedangkan perbaikan tegangan setelah terjadi gangguan yang terjadi pada saluran Krapk-Rdrut seperti diperlihatkan pada grafik 3. Perbaikan tegangan dilakukan dengan menginjeksi sumber daya reaktif yaitu dengan menggunakan kapasitor yang dipasang pada bus 12, bus 14, bus 16, bus 31 dan bus 33 dengan kapasitas @ 2 x 25 MVA.



Grafik 3. Perbaikan tegangan sesudah gangguan pada Saluran Krapk-Rdrut

KESIMPULAN

1. Gangguan berupa kontingensi yang terjadi pada saluran Tambaklorok-Ungaran, Tambaklorok-Bawen dan saluran Krapk-Rdrut mengakibatkan perubahan tegangan masing-masing bus. Perubahan tegangan tersebut menyebabkan besaran tegangan pada beberapa bus melewati batas tegangan yang ditetapkan. Sehingga perlu upaya untuk memperbaiki tegangan bus dengan cara injeksi sumber daya reaktif pada bus tersebut dengan menggunakan kapasitor
2. Pemasangan kapasitor ditempatkan pada bus yang kondisi tegangannya melewati batas yang ditetapkan, yaitu untuk gangguan tambaklorok-bawen dipasang pada bus 31, bus 33, bus 52. Dan untuk gangguan tambaklorok-ungaran dipasang pada bus 31 sedangkan untuk gangguan krapk-rdrut dipasang pada bus 12, bus 14, bus 16, bus 31 dan bus 33, dengan masing-masing kapasitas @ 2 x 25 MVA.
3. Hasil perhitungan kontingensi ini dapat digunakan sebagai upaya antisipasi pada perencanaan operasi (*operation planning*) dikemudian hari, sehingga dapat meningkatkan keamanan sistem (*security*) dan juga keandalan sistem (*reliability*) sistem tenaga listrik.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, Goran, 2004, Modelling and Analysis of Electric Power System
- Dhar, R.N, 1982, Computer Aided Power System Operation and Analysis, McGraw-Hill, New Delhi
- Gupta, B.R, 1998, Power System Analysis and Design, Third Edition, Wheeler Publishing.
- Grainger, J.J, William D. Stevenson,jr,1994, Power System Analysis, McGraw-Hill
- Gonen, Turan, 1988, Electric Power Transmission System Engineering (Analysis and Design), John Wiley and Sons.
- Kundur, P, 1993, Power System Stability and Control, McGraw-Hill, Inc, New York.
- Saadat, Hadi, 1999, Power System Analysis, McGraw-Hill

Stagg, G.W and Ahmad H El-Abiad, 1968, Computer Methods In Power System Analysis, McGraw-Hill.

Taylor, W. Carson, 1994, Power System Voltage Stability, McGraw-Hill, New York.