

# ANALISIS KONTINGENSI SISTEM TENAGA LISTRIK DENGAN MENGUNAKAN POWER WORLD SIMULATOR (Aplikasi SUTT 150 kV SumBagTeng)

Cahayahati, Oskar Nedi

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Bung Hatta  
e-mail : cahayahati\_fti@yahoo.com, oscar\_neady@yahoo.com

## Abstrac

*Power system deterministic Contingency analysis represent a power system security analysis by making simulation breaking of line transmission, generating unit and power transformer at one particular the power system, and also see resulted influenced. In this research analyse power system deterministic contingency by using Newton-Raphson load flow method, to analyse normal situation or change of load flow effect of contingency, made as data a power of electric system. So with analyse different comparison of voltage with tolerance 5%, hence got by PI value is  $1.28281257185155e-020$  until 2. Calculation PI value and Newton-Raphson load flow to the condition of early and to each every contingency constructively Matlab software. For the simulation of electric power system contingency, used by Simulator Power World. Moment happened release of transmission line at Ombilin bus with Salak bus hence power awakened by PLTU Ombilin channelled to transmission is to Indarung bus, Batu Sangkar and Kiliran Jao equal to 92 MW and experience of system peak load equal to 441.11 MW. So also to the condition shedding of other transmission. To the condition of shedding of generating unit, seen at case shedding of PLTA Maninjau generator, load for the PLTA of Maninjau in taking over by PLTA Singkarak and power supply can equal to 7.5 MVR. Power System application is middle shares sumatera.*

*Keyword: Kontingensi, Power World Simulator.*

## 1. Pendahuluan

Suatu sistem tenaga listrik yang sedang beroperasi normal dapat mengalami gangguan atau perubahan kondisi, seperti keluarnya unit pembangkit, terbukanya cabang jaringan, terjadinya pelepasan beban secara tiba-tiba, dan lain-lain. Efek dari gangguan tersebut akan menyebabkan perubahan aliran daya pada cabang-cabang lain dan atau perubahan besar tegangan pada bus-bus lain.

Jika perubahan-perubahan tersebut berada diluar batas yang diperbolehkan (batas termal dan limit stabilitas untuk cabang yang panjang serta batasan maksimum dan minimum untuk tegangan pada bus), maka kondisi ini merupakan pelanggaran terhadap batasan kerja sistem. Jika kondisi ini tetap berlangsung, maka akan terjadi pelepasan bertingkat (cascade) pada sistem, yang akhirnya dapat menyebabkan sistem padam total (blackout).

Studi yang berkaitan dengan usaha-usaha untuk mencegah terjadinya kondisi-kondisi yang tidak diinginkan diatas dinamakan analisis keamanan sistem tenaga (system security). Salah satu fungsi penting yang dijalankan dalam analisis keamanan ini adalah memodelkan setiap gangguan yang mungkin terjadi, yang disebut juga dengan analisis kontingensi (Contingency Analysis).

Dari analisis kontingensi ini diharapkan dapat diperoleh informasi tentang perkiraan keadaan sistem, jika kondisi gangguan itu benar-benar terjadi. Hasil analisis ini selanjutnya digunakan oleh operator untuk menentukan langkah persiapan atau tindakan pemulihan yang tepat, sehingga sistem masih dapat dioperasikan dengan tingkat keandalan yang tinggi.

## 2. Dasar Teori

Dalam operasi sistem tenaga listrik, selain upaya untuk meminimalisasi biaya

operasi, faktor penting lainnya adalah menjaga keamanan dalam operasinya. Salah satu tindakan pengamanan sistem tenaga yang amat diperlukan adalah menjaga agar saluran transmisi maupun transformator daya tidak ada yang mengalami pembebanan lebih, terutama bila terdapat satu atau beberapa elemen sistem yang terganggu. Pembebanan yang berlebihan tersebut akan mengakibatkan jatuh tegangan pada elemen yang bersangkutan bertambah. Akibatnya tegangan pada beberapa bus dalam sistem tenaga tersebut menurun. Penurunan tegangan pada setiap bus harus dikontrol, agar tidak melebihi harga yang ditetapkan.

Pada suatu pusat pengatur operasi, upaya untuk menjaga keamanan sistem dilakukan dalam tiga tahap yaitu :

1. Pemantauan sistem (sistem monitoring)

Pemantauan sistem adalah identifikasi on-line dari kondisi sistem tenaga yang sebenarnya. Untuk mendapatkan informasi realtime tentang sistem, belakangan telah dikembangkan sistem telemetri yang dinamai SCADA (Supervisory And Data Acquisition) sistem hasil dari pemantauan ini kemudian diproses untuk memperkirakan kemungkinan-kemungkinan yang dapat terjadi untuk selanjutnya akan dilakukan tindakan pencegahan atau perbaikan yang diperlukan.

2. Analisis Kontingensi (Contingency Analysis)

Dalam analisis ini gangguan yang mungkin terjadi pada sistem dimodelkan sehingga bisa diambil tindakan yang diperlukan, jika benar-benar terjadi.

3. Analisis Untuk Tindakan Pemulihan (Corrective Action Analysis)

Analisis untuk tindakan pemulihan yang salah satunya dikenal dengan istilah SCOPEF (Security Contarined Optimal Power Flows). Dalam SCOPEF, analisis kontingensi digabungkan dengan aliran daya optimal diikuti dengan melakukan beberapa penyesuaian.

Masalah studi aliran daya terdiri dari perhitungan aliran daya dan spesifikasi

tegangan bus. Dengan kumparan setiap bus ada empat besaran yaitu daya aktif, daya reaktif, tegangan dan sudut fasa. Tiga tipe dari masing-masing bus dipresentasikan pada perhitungan aliran daya dan hanya sebuah bus yang dipilih dengan dua besaran dari empat besaran yang ditentukan. Oleh sebab itu diperlukan satu bus yang disebut slack bus. Yaitu bus yang menyediakan penambahan daya aktif dan daya reaktif untuk mengantisipasi rugi-rugi daya transmisi, setelah parameter-parameter yang tak diketahui sampai solusi akhir diketahui.

Generator pada bus penadah memicu selisih antara daya aktif kedalam sistem pada bus yang lain dengan keluaran total sistem ditambah kehilangan aliran daya. Baik besarnya tegangan maupun sudut fasa pada bus ini ditentukan. Sisanya, bus-bus pada sistem dari salah satu dari dua yang ditandai sebagai bus pengontrol tegangan atau bus beban.

Studi aliran daya adalah studi yang dilaksanakan untuk mendapatkan informasi mengenai aliran daya dan atau tegangan sistem dalam kondisi operasi lunak. Informasi ini sangat dibutuhkan untuk mengevaluasi unjuk kerja sistem tenaga dan menganalisa kondisi pembangkitan dan pembebanan.

Metode Newton-Rhapson menghasilkan sebuah kombinasi-kombinasi khas yang menarik, yang didapatkan dari beberapa keuntungan yang ada pada metoda ini, sebut saja dari segi kecepatan, keandalan, penyederhanaan dan penyimpanan, untuk solusi aliran beban yang lazim digunakan.

Algoritma dasar tidak akan mengalami perubahan untuk variasi-variasi aplikasi yang berbeda. Memberikan sebuah pengaturan untuk rutinitas urutan eliminasi yang baik, program dasar mudah untuk diterapkan dengan efisien, dan kebutuhan akan kecepatan dan penyimpanan dalam solusi, sangat proposional untuk ukuran sistem.

Sebuah keutamaan yang bermanfaat dari metoda-metoda adalah kesanggupan untuk mengurangi kebutuhan akan penyimpanan inti, yang terkait dengan metoda Gaus-Seidel dengan jumlah yang kecil dari blok transfer disk inti.

Tampilan sebuah metoda yang baik dengan algoritma pengaturan yang lazim digunakan, dan penyelesaian kasus-kasus

pengecekan keamanan Autage Generator, biasanya membutuhkan satu atau dua kali iterasi. Hal ini secara perhitungan, sesuai untuk optimasi perhitungan aliran beban, dan pengembangan-pengembangan yang ada dalam wilayah ini akan dilaporkan secara terpisah.

### 2.1. Sistem Per-Unit

Untuk mempermudah perhitungan atau analisa pada system tenaga listrik biasanya dipakai nilai-nilai dalam per-satuan (per-unit). Besaran per-unit didefinisikan sebagai berikut :

$$\text{Per-unit} = \frac{\text{BesaranYangSebenarnya}}{\text{BesaranDasarDenganDimensiYangSama}}$$

Dengan demikian nilai dari besaran per-unit merupakan nilai yang telah di normalisasikan terhadap besaran dasar yang telah dipilih.

Terdapat empat besaran yang sering diperhitungkan di dalam menganalisis sistem tenaga listrik, yaitu : daya, tegangan, arus, dan impedansi. Dengan memilih dua buah besaran secara sembarang (misalnya daya dan tegangan) sebagai besaran dasar, secara langsung dapat diperoleh besaran-besaran dasar yang lain.

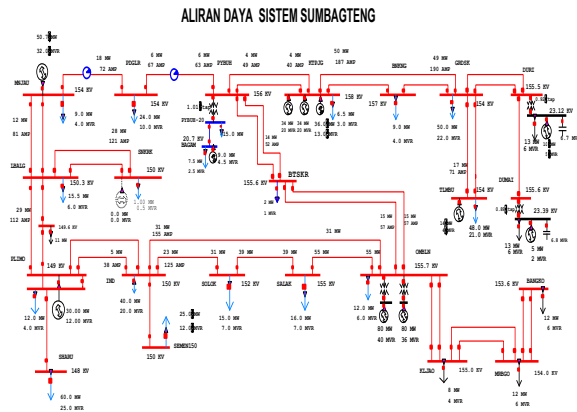
Dalam perhitungan sistem tenaga listrik, tegangan nominal saluran serta peralatan selalu diketahui, oleh sebab itu dipilih sebagai besaran dasar. Besaran dasar yang kedua yang biasa dipilih sebagai pedoman adalah daya (MVA).

$$I_{\text{dasar}} = \frac{kVA_{\text{dasar}}}{\sqrt{3} \times kV_{\text{dasar}}} \quad (1)$$

$$R_{\text{sebenarnya}} = L_{\text{saluran}} \times R_{\text{konduktor}} \quad (2)$$

$$R_{\text{dasar}} = \frac{(KV_{\text{dasar}})^2}{MVA_{\text{dasar}}} \times 10^3 \quad (3)$$

$$R_{\text{pu}} = \frac{R_{\text{sebenarnya}}}{R_{\text{dasar}}} \quad (4)$$



Gambar 1. Single line transmisi sistem Sumbagteng

### 2.2. Analisis Kontingensi Sistem Tenaga

Teknik analisis kontingensi dari tahun ketahun berkembang terus seiring dengan perkembangan Komputer. Walaupun ada metoda aliran daya yang lebih baik seperti Gauss-Seidal dan Newton-Rapshon yang bisa mempercepat proses komputasi, namun untuk menganalisis sistem dengan mensimulasi satu persatu gangguan pada saluran dan pembangkit, akan memakan waktu yang lama. Untuk itu khusus untuk analisis kontingensi ini, dikembangkan beberapa metode yang latar belakangnya bermula dari analisis aliran daya. Ada dua metoda analisis kontingensi :

#### 1. Analisis Kontingensi Deterministik

Yaitu cara penganalisaan dengan membuat simulasi terlepasnya elemen dari sistem tenaga misalnya satu saluran dilepas, satu trafo dilepas atau satu unit pembangkit dilepas, serta melihat pengaruh yang diakibatkannya. Beberapa metoda analisis kontingensi deterministik yang dikenal saat ini yaitu:

- Analisis kontingensi dengan menggunakan aliran daya arus searah (DC Power Flow Kontingency Analysis)

Metoda ini paling sederhana tetapi hasil yang diberikan kurang akurat dapat digunakan untuk menganalisis kontingensi tunggal atau kontingensi multi. Pada metoda ini, resistansi saluran diabaikan sehingga daya reaktifnya dapat diabaikan dan didapat model rangkaian linearnya (P-θ) dengan aliran daya DC ini, dikembangkan beberapa metode, diantaranya: analisis kontingensi dengan

menggunakan factor distribusi dan analisis kontingensi dengan menggunakan indeks perilaku (PI methods). Dengan metoda ini, keadaan saluran yang berbahaya diurut dari yang paling berbahaya sampai pada yang kurang membahayakan. Dengan demikian, penganalisaan hanya dilakukan pada bagian tertentu saja sehingga waktu komputasi dapat dipersingkat.

- Analisis kontingensi dengan menggunakan matriks impedansi bus (Z bus).
- Analisis kontingensi dengan menggunakan metoda Newton – Rhapson).

Dari persamaan daya kompleks yang non linier harus dicari tegangan dan sudutnya untuk tiap-tiap bus kecuali bus referensi. Dari persamaan aliran daya Newton–Rhapson, pemeriksaan dilanjutkan dengan mengamati arus pada setiap cabang dan memandingkannya dengan kemampuan maksimumnya. Tegangan pada setiap bus diamati pula apakah ada bus-bus dengan tegangan dibawah harga kritisnya.

## 2. Analisis kontingensi non-deterministik.

Penganalisaan didasarkan pada tingkat keandalan sistem yang didefinisikan pada dua indeks keandalan yaitu LOLP (Loss Of Loop Probability) dan EDNS (Expected Values Of Demand Not Served).

Keandalan sistem yang dimaksud tergantung pada :

- ketidakpastian perkiraan beban
- tingkat kepercayaan komponen atau unit sistem tenaga
- jadwal pemeliharaan komponen atau unit sistem tenaga
- kendala-kendala bagian yang terinterkoneksi

Dengan kedua metode diatas (LOLP dan EDNS ), maka perencanaan sistem mampu menentukan kapasitas elemen sistem tenaga yang akan dievaluasi dengan menggunakan fungsi probabilitas kerapatan. Dengan teknik penganalisaan secara probabilitas ini dapat ditentukan bagian saluran yang mana dibebani lebih atau bus mana yang bertegangan abnormal tanpa mengevaluasi keseluruhan sistem. Dengan demikian diharapkan waktu komputasi lebih cepat dan pengevaluasian dan dititikberatkan

pada daerah dimana sering terjadi gangguan (outage).

Analisis kontingensi deterministik sistem tenaga dengan metoda aliran daya Newton-Rhapson dapat dilakukan dalam bentuk pelepasan hubungan saluran transmisi, pelepasan hubungan unit pembangkit dan pelepasan hubungan transformator daya.

### 2.2.1. Pelepasan Hubungan Saluran Transmisi

Pada analisis kontingensi deterministik dengan melepas hubungan saluran transmisi, nilai impedansi dari saluran transmisi yang dilepas menjadi nol. Dengan demikian elemen-elemen matriks admitansi bus (Y bus) dan parameter-parameter aliran daya Newton-Rhapson mengalami perubahan nilai sebagai berikut:

1. Perubahan pada elemen-elemen matriks admitansi bus  
Nilai admitansi (Y) dari saluran transmisi yang dilepas menjadi nol (0).
2. Perubahan parameter-parameter aliran daya
  - Nilai daya aktif  $P_p^k$  dan daya reaktif  $Q_p^k$  pada bus awal dan atau bus akhir dari satu saluran transmisi yang dilepas berubah, jika bus awal dan atau bus akhir tersebut merupakan bus beban. Hal ini menyebabkan nilai perubahan daya aktif dan daya reaktif ( $Q_p^k$  dan  $\Delta Q_p^k$ ) pada bus-bus tersebut juga berubah.
  - Nilai daya aktif ( $P_p^k$ ) pada bus awal dan atau bus akhir dari saluran transmisi yang dilepas berubah, jika bus awal dan atau bus akhir tersebut merupakan bus generator. Dengan demikian nilai perubahan daya aktif pada bus-bus tersebut juga berubah.
  - Elemen-elemen matriks Jacobian yang berhubungan dengan bus awal dan atau bus akhir dari saluran transmisi yang dilepas berubah.
  - Nilai perubahan sudut fasa tegangan untuk setiap bus beban dan bus generator berubah. Dengan demikian nilai sudut fasa tegangan untuk iterasi berikutnya untuk bus-bus tersebut juga berubah.
  - Nilai perubahan besaran tegangan untuk setiap bus beban berubah.

Dengan demikian nilai besaran tegangan untuk iterasi berikutnya untuk bus-bus berikutnya juga berubah.

- Prosedur-prosedur analisa aliran daya diulangi lagi sampai

$$|\Delta P_p^k \text{ maksimum}| \text{ dan}$$

$$|\Delta Q_p^k \text{ maksimum}| \text{ memenuhi suatu}$$

ketentuan harga yang diberikan.

Pada beberapa kondisi kontingensi, pelepasan hubungan saluran transmisi pada sistem tenaga dapat menyebabkan adanya satu atau beberapa bus yang terlepas dari interkoneksi sistem tenaga sehingga matriks admitansi bus untuk sistem tenaga tersebut mengalami perubahan. Dengan demikian pada kondisi-kondisi seperti ini, perubahan parameter-parameter aliran daya disesuaikan dengan perubahan matriks admitansi bus.

### 2.2.2. Pelepasan Hubungan Unit Pembangkit

Pada analisis kontingensi deterministik dengan melepas hubungan unit pembangkit, bus P dari unit pembangkit yang dilepas tidak lagi berfungsi sebagai bus generator atau bus pedoman melainkan berfungsi sebagai bus beban. Dengan demikian perubahan parameter-parameter aliran daya berlaku untuk bus-bus beban sebagai berikut:

- Nilai tebakan awal untuk sudut fasa tegangan dan besaran tegangan pada bus P dari unit pembangkit yang dilepas masing-masing diasumsikan bernilai 1,0 dan 0,0 pu.
- Nilai  $P_p^k$  berubah sehingga nilai  $\Delta P_p^k$  juga berubah.
- Oleh karena bus p dari unit pembangkit yang dilepas berfungsi sebagai bus beban, maka  $Q_p^k$  dan  $\Delta Q_p^k$  juga dihitung.
- Nilai perubahan sudut fasa tegangan pada setiap bus beban dan bus generator berubah. Dengan demikian nilai sudut fasa tegangan untuk iterasi berikutnya pada bus-bus tersebut juga berubah.
- Nilai perubahan besaran tegangan pada setiap bus beban berubah. Dengan demikian nilai besaran

tegangan untuk iterasi berikutnya pada bus-bus tersebut juga berubah.

- Prosedur-prosedur aliran daya diulangi sampai

$$|\Delta P_p^k \text{ maksimum}| \text{ dan}$$

$$|\Delta Q_p^k \text{ maksimum}| \text{ memenuhi suatu}$$

ketentuan harga yang diberikan.

### 2.2.3. Pelepasan Hubungan Transformator Daya

Hubungan transformator daya yang dilepas untuk analisis kontingensi deterministik adalah transformator daya pada unit beban (gardu induk).

Pada analisis kontingensi deterministik untuk pelepasan hubungan transformator daya, daya beban yang dijadwalkan pada bus p (P dan Q) dari transformator daya yang dilepas menjadi nol(0). Dengan demikian parameter-parameter aliran daya Newton-Rapshon mengalami perubahan nilai sebagai berikut :

- Nilai perubahan daya aktif dan daya reaktif pada bus p (bus beban) dari transformator daya yang dilepas berubah karena nilai daya beban (daya aktif dan daya reaktif) yang dijadwalkan pada bus p tersebut menjadi nol (0).
- Nilai perubahan sudut fasa tegangan untuk setiap bus beban dan bus generator berubah. Dengan demikian nilai sudut fasa tegangan untuk iterasi pada bus-bus tersebut berikutnya juga berubah.
- Nilai perubahan besaran tegangan untuk setiap bus beban berubah. Dengan demikian nilai besaran tegangan untuk iterasi berikutnya pada bus-bus tersebut juga berubah.
- Prosedur-prosedur aliran daya diulangi sampai

$$|\Delta P_p^k \text{ maksimum}| \text{ dan}$$

$$|\Delta Q_p^k \text{ maksimum}| \text{ memenuhi suatu}$$

ketentuan harga yang diberikan.

Pada saluran transmisi, unit pembangkit, dan transformator daya, memungkinkan untuk mengkombinasikan bentuk pelepasan hubungan komponen-

komponen sistem tenaga listrik antara satu sama lainnya.

### 3 Formula Penyederhanaan Kontingensi

Pengukuran yang dapat digunakan untuk mengevaluasi penyederhanaan yang relatif terhadap kontingensi adalah nilai indeks perilaku sistem. Bentuk yang paling umum dari indeks perilaku akan memberikan sebuah deviasi pengukuran dari nilai batas variabel-variabel sistem seperti aliran saluran, tegangan bus, injeksi daya bus. Nilai PI sebenarnya hanyalah gambaran dari tingkat ketidaktersediaan daya yang ditimbulkan oleh kontingensi. Didalam studi keamanan, nilai PI berfungsi sebagai informasi awal untuk menyusun daftar kontingensi.

Formulasi untuk mendapatkan nilai PI adalah sebagai berikut :

$$PI = \sum_{\text{semuacabang } i} \left( \frac{P_i}{P_i^{\max}} \right)^{2n} + \sum_{\text{semuabus}} \left( \frac{\Delta|V_i|}{\Delta|V_i|^{\max}} \right)^2$$

Dimana :

- $P_i, P_{i\max}$  = daya yang mengalir dan daya maksimum yang boleh dilewatkan pada saluran  $i$
- $\Delta|V_i|, \Delta|V_i|^{\max}$  = beda tegangan maksimum yang diizinkan pada bus  $i$
- $m, n$  = faktor pangkat, yang harganya spesifik pada tiap sistem

Toleransi beda tegangan sebesar  $\pm 5\%$

Pembebanan (loading) dinyatakan sebagai perbandingan arus yang mengalir pada saluran  $l$  dengan arus maksimum yang diperbolehkan melewatinya. Dalam bentuk formula dituliskan sebagai berikut

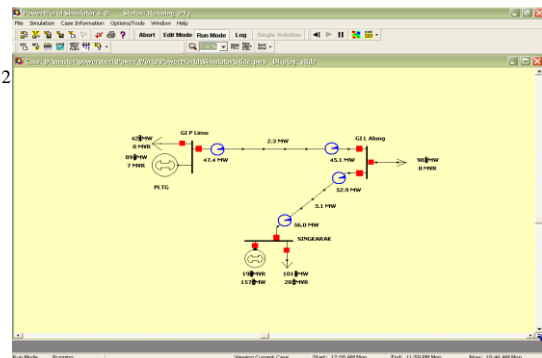
$$loading = \frac{I_l}{I_l^{\max}} \quad (3.1)$$

$$\text{Dimana : } I_l = y_{pq}(V_p - V_q) \quad (3.2)$$

Sedangkan  $I_{l\max}$  (ampacity) diperoleh dari tabel standar nilai karakteristik untuk konduktor yang dikeluarkan oleh pabrik yang membuatnya.

### 4. Power World

Power World adalah suatu perangkat lunak yang dapat digunakan menentukan susut energi, mensimulasikan aliran daya dan kondisi pembebanan suatu sistem. Simulator sesungguhnya merupakan sistem terintegrasi. Dalam perhitungan susut energi, simulator sangat berguna sehingga memudahkan kita dalam perhitungan. Simulator ini dapat digunakan untuk memvisualisasikan sistem itu melalui penggunaan diagram. Tampilan dari simulator power world adalah sebagai berikut



Gambar 3 Tampilan Power World Simulator

### 5. Hasil Analisa

Simulator Power World sesungguhnya merupakan salah satu sistem yang dapat digunakan dalam mengatasi permasalahan yang muncul pada sistem tenaga, termasuk didalamnya masalah kontingensi. Pada simulator ini masalah kontingensi dapat dianalisa dengan langkah-langkah sebagai berikut:

Memasukkan data-data pada menu Power World sesuai dengan yang dibutuhkan. Seperti pengisian data bus-bus sistem Sumbagteng meliputi nama-nama bus, nilai-nilai tegangan dalam satuan per-unit, data-data beban dalam satuan MW, data-data kemampuan generator dalam satuan MW, data kapasitas pembangkit dalam satuan Mega Volt Amper Reaktif (MVar).

Berikut ini ditampilkan tabel analisis kontingensi sistem Sumbagteng dengan menggunakan Power World Simulator, dari semua kemungkinan kasus yang mungkin

terjadi pada sistem tenaga. Untuk memberikan gambaran tentang keadaan sistem yang sebenarnya pada tiap-tiap kasus diberikan juga informasi tentang tegangan maksimum dan tegangan minimum pada bus dan jumlahnya, jumlah terjadinya violasi sistem, serta pembebanan saluran terbesar pada sistem.

Hasil analisis kontingensi pelepasan saluran transmisi dan pelepasan unit pembangkit sistem sumbagteng dengan menggunakan Power World Simulator. Berikut ini merupakan data pada Power World, dalam keadaan normal :

#### Contingency Records

Label	Set Vio	Min volt	Max Volt
L00002-00001C1	3		1.205
L00001-00004C1	3		1.194
L00085-00001C1	3		1.167
L00085-00001C2	3		1.167
L00001-00091C1	3		1.168
L00001-00091C2	3		1.168
L00002-00003C1	3		1.198
L00003-00004C1	3		1.192
L00004-00005C1	3		1.178
L00004-00006C1	3		1.17
L00004-00006C2	3		1.17
L00008-00006C2	2		1.164
L00006-00073C1	3		1.189
L00073-00007C1	3		1.186
L00008-00009C1	3		1.172
L00008-00009C2	3		1.172
L00008-00010C1	3		1.181
L00008-00010C2	3		1.181
L00008-00090C1	2		1.162
L00010-00011C1	3		1.172
L00011-00012C1	3		1.208
L00012-00015C1	3		1.186
L00012-00015C2	3		1.186
L00012-00085C1	3		1.168
L00012-00085C2	3		1.168
L00013-00014C1	3		1.166
L00015-00016C1	1		1.103
L00015-00017C1	2		1.105
L00016-00017C1	2		1.111
L00017-00082C1	3		1.165

L00017-00082C2	3		1.165
L00017-00083C1	3		1.172
L00017-00083C2	3		1.172
L00090-00073C1	3		1.166
L00083-00084C1	3	0.894	1.151
L00091-00092C1	3		1.165
L00091-00092C2	3		1.165
L00092-00093C1	3		1.168
L00092-00093C2	3		1.168

Label L00002-00001C1 sampai dengan label L00092-00093C2 merupakan urutan nama-nama saluran transmisi sistem Sumbagteng, sedangkan violations merupakan data yang menunjukkan jumlah terjadinya kontingensi pada suatu saluran. Mint volt merupakan indikasi untuk tegangan terendah yang dicapai oleh sistem. Max Volt merupakan indikasi untuk tegangan tertinggi yang mampu dicapai oleh sistem.

Ketika mengalami kontingensi maka akan terjadi perubahan aliran daya pada sistem dan mengalami perubahan data pada sistem itu, terutama pada tegangan maksimum sistem. Untuk melihat data-data kontingensi dalam keadaan yang tidak normal,

Pada Power World Simulator perubahan-perubahan yang muncul dalam sistem disaat pengaliran daya, saat itu program Power World memperhitungkannya, seperti terlihat saat melakukan simulasi pada sistem tersebut. Untuk simulasi kontingensi sistem tenaga listrik, digunakan Simulator Power World. Saat terjadi pelepasan saluran transmisi pada bus Ombilin dengan bus Salak maka daya yang dibangkitkan oleh PLTU Ombilin disalurkan ke transmisi lain yaitu ke Bus Indarung, Batu Sangkar dan Kiliran Jao sebesar 92 MW dan mengalami beban puncak sistem sebesar 441.11 MW. Begitu juga untuk kondisi pelepasan transmisi yang lain. Untuk kondisi pelepasan unit pembangkit, terlihat pada kasus pelepasan generator PLTA Maninjau, beban untuk PLTA Maninjau di ambil alih oleh PLTA Singkarak dan mampu menyuplai daya sebesar 7.5 MVR. Artinya bahwa untuk sistem Sumbagteng masih mampu menampung beban yang besar meskipun beberapa unit pembangkit tidak beroperasi. Apabila terjadi kelebihan beban pada sistem Sumbagteng maka dilakukan pelepasan transmisi dalam jangka waktu tertentu dan dilakukan pemadaman bergilir.

## 6. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari penulisan skripsi ini adalah :

Analisa aliran daya bertujuan untuk memeriksa tegangan dan pengaturan tegangan, untuk memperoleh kondisi normal, serta mengetahui gangguan sistem, untuk perencanaan, dan pengembangan sistem yang sesuai dengan perkembangan beban.

Penggunaan Power World Simulator digunakan dalam pengoperasian sistem tenaga listrik. Termasuk didalamnya untuk analisis kontingensi deterministik suatu sistem tenaga listrik. Penggunaan Power World Simulator secara tidak langsung adalah untuk keperluan perencanaan operasi juga untuk menganalisis hasil operasi

Untuk simulasi kontingensi sistem tenaga listrik, digunakan Simulator Power World. Saat terjadi pelepasan saluran transmisi pada bus Ombilin dengan bus Salak maka daya yang dibangkitkan oleh PLTU Ombilin disalurkan ke transmisi lain yaitu ke Bus Indarung, Batu Sangkar dan Kiliran Jao sebesar 92 MW dan mengalami beban puncak sistem sebesar 441.11 MW. Begitu juga untuk kondisi pelepasan transmisi yang lain. Untuk kondisi pelepasan unit pembangkit, terlihat pada kasus pelepasan generator PLTA Maninjau, beban untuk PLTA Maninjau di ambil alih oleh PLTA Singkarak dan mampu menyuplai daya sebesar 7.5 MVR. Artinya bahwa untuk sistem Sumbagteng masih mampu menampung beban yang besar meskipun beberapa unit pembangkit tidak beroperasi. Apabila terjadi kelebihan beban pada sistem Sumbagteng maka dilakukan pelepasan transmisi dalam jangka waktu tertentu dan dilakukan pemadaman bergilir. maka bus 8 tidak lagi berfungsi sebagai bus generator, melainkan berfungsi sebagai bus beban. Dengan demikian perubahan parameter-parameter aliran daya Newton-Rapshon merupakan perubahan parameter-parameter aliran daya yang berlaku untuk bus beban

## Daftar Pustaka

1. A.P.Gupta. "Worked Examples In Electrical Power" Third Edition. Oxford & IBH Publishing.Co.
2. Arismunandar, A, Kuwahara, S, " Teknik Tenaga Listrik ", Penerbit Pradnya Paramita, Jakarta, 1982.
3. Gonen Turan, Modern Power System Analysis, California: John Wiley & sons, 1988.
4. Hutauruk, TS, " Transmisi Daya Listrik ", Penerbit Erlangga, Jakarta, 1985
5. Hutaauruk TS, Analisa Sistem Tenaga Listrik I , Institut Teknologi Bandung, 1985.
6. Hutaauruk TS, Analisa Sistem Tenaga Listrik II, "Sistem Tidak Seimbang" , Institut Teknologi Bandung, 1985.
7. Julian Fery, Modifikasi Metode Quasi Newton-Rapshon Orde Kedua Untuk Studi Aliran Daya Dalam koordinat Rectangular, Tugas Akhir TE, Univ Bung Hatta, Padang, 2001.
8. Marsudi Djiteng, Operasi Sistem Tenaga Listrik, Balai Penerbit Dan Humas ISTN, Jakarta, 1990.
9. Pabla.AS, " Sistem Distribusi Daya Listrik ", Erlangga, Jakarta, 1986
10. Petruzella, Frank D, " Elektronik Industri ", Penerbit ANDI, Yogyakarta, 2001
11. Power World Simulator, Menu Help, Versi 6.0, 1995.
12. Pratitia, Studi Analisis Sistem Kelistrikan Sumbagsel Dengan Menggunakan Power World, tugas Akhir TE, Univ Bung Hatta, Padang, 2006.
13. Satria Deni, Perencanaan Sistem Proteksi Busbar dan Saluran Transmisi 150 kV Sumbar-Riau dengan Menggunakan Sistem SCADA, Tugas Akhir TE, Univ Bung Hatta, Padang, 2003.
14. "Sistem Sumbar SUTT 150 kV UPT Padang", Padang, Mei, 2005
15. Stevenson, Jr, William. D, "Analisis Sistem Tenaga Listrik", Penerbit Erlangga, Jakarta, 1996.
16. Tim, Tibbals and Darrold Woodward P.E, "Sel-7000 Integrated Substantion Control And Protection System", Schweitzer Engineering Laboratories, Inc, Pullman, USA, 2002.
17. Valkenburg, M.E. Van, "Analisa Jaringan Listrik" , Penerbit Erlangga, Jakarta, 1994.
18. www.pln-jawa-bali.co.id
19. www.p3b-sumatera.pln.co.id.
20. Zuhail, Dasar Teknik Tenaga Listrik Dan Elektronika Daya, Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 2000.