

Analisa Aliran Daya Newton Raphson Menggunakan Electrical Transient Analyzer Program (ETAP) Simulink (Aplikasi : Sistem Sumbar-Riau-Jambi)

Cahayahati

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Bung Hatta

e-mail : cahayahati_fti@yahoo.com

Abstract

Problems of power flow study with objective function which cannot be dissociated (non-separable) solvable with approach method Newton Raphson. With this method hence problems which will be broken will become more efficient, and applicable for various form of linear circuits. Condition wanted by the end of iteration is really minimum. At the time of generator operates, power channeled to by load through transmission linear circuit is not equal to power awakened by generator. This because of reactive power flow and strain shoot factor. Power flow analysis applies ETAP simulation of state can of the system at some stage. Result from simulation of power flow applies ETAP the application of Sumbar Riau Jambi is got by total value from generator, load and request got is for swing bus is permeated by active power 155,169 MW with delivery of reactive power 28,963 MVA and semu power 157,849 MVA with Power Factor 98,3 % Leading. For all generator has active power with total 447,5 MW and its the reactive power null, 447,500 MVA with 100 % lagging. For active power total demand around 292,331 MW and reactive power 28,963 MVA, and semu power 293,763 MVA with power factor 99,5% lagging. Total usage of null motor load. Load total static 287,549 MW with actual power losses 4,782 MW and 28,963 MVA

Keyword : Power flow, Newton Raphson, ETAP

1. Pendahuluan

Studi aliran daya pada sistem tenaga merupakan studi untuk menghitung variabel listrik sistem yang menggambarkan kondisi awal dari perencanaan operasi sistem yang akan digunakan untuk studi selanjutnya. Kondisi ini memperlihatkan bahwa sistem tenaga berada dalam keadaan mantap (*steady state*) tanpa gangguan. Untuk mengetahui sistem dalam keadaan mantap diperlukan perhitungan aliran daya. Dalam studi aliran daya yang dihitung adalah nilai besaran tegangan, sudut fasa tegangan, daya aktif dan reaktif pada setiap bus. Untuk sistem tenaga yang sederhana perhitungan dapat diselesaikan dengan langsung, jika sistem sudah besar terdiri dari beberapa bus diperlukan metoda untuk menyelesaikan perhitungan. Pada studi aliran daya ini menggunakan metoda Newton Raphson. Dalam menyelesaikan aliran daya metode Newton Raphson sebagai metode iterasi membagi persamaan daya menjadi

dua persamaan yaitu persamaan daya aktif dan daya reaktif yang dibuat dalam bentuk polar atau rectangular. Penyederhanaan persamaan untuk mempersingkat iterasi, memudahkan perhitungan untuk sistem besar tanpa mengabaikan akurasi hasil perhitungan. Sementara performansi sistem yang dibatasi dari daya aktif dan reaktif, kompensasi daya reaktif, setting tap transformator dan tegangan dari semua bus masih berada di dalam harga yang diizinkan. Karena yang dihadapi menyangkut rugi-rugi daya dan perangkat reaktif, maka permasalahan dapat dijabarkan sebagai fungsi objektif yang *non-separable* (tidak dapat dipisahkan)

Didalam program pemecahan aliran daya dengan pendekatan Newton Raphson, daya aktif dan daya reaktif atau kombinasi dari keduanya akan digunakan. Jadi dengan adanya metode yang diterapkan di dalam program ini, maka dapat diharapkan solusi akhir yang diinginkan. Dalam menyelesaikan aliran daya (*Load Flow*) dengan pendekatan metode Newton Raphson pada sistem Sumbang-Riau-Jambi menggunakan software yang telah ada yaitu *Electrical Transient Analyzer Program*.

Pada studi aliran beban sistem tenaga listrik memperlihatkan kemampuan sistem pembangkit melayani berbagai karakter beban. Beban yang dilayani oleh sistem pembangkit bersifat fleksibel sehingga dituntut suatu perencanaan konfigurasi sistem pembangkit. Perencanaan penentuan kapasitas pembangkit agar kapasitas pembangkit yang terpasang dapat memenuhi permintaan maksimum beban.

Suatu sistem tenaga listrik terdiri dari tiga bagian yaitu pusat-pusat pembangkit, saluran-saluran, dan beban-beban sistem. Pada pusat-pusat pembangkit didapat data besaran tegangan, sudut fasa tegangan, daya aktif dan daya reaktif terpasang. Untuk saluran data yang dibutuhkan impedansi saluran, impedansi transformator dan kapasitasnya. Sedangkan untuk beban diketahui beban daya aktif dan daya reaktif yang terdapat pada bus beban.

Untuk menyelesaikan aliran daya dengan metoda Newton Raphson dengan memisahkan persamaan daya aktif dan reaktif, membuat matrik jacobian dan membagi bus sistem dalam 3 fungsi. Bus sistem terdiri dari bus swing (referensi), PV Bus dan PQ bus. Bus swing hanya ada satu dan dipilih bus yang ada pembangkit mempunyai kapasitas terbesar dari bus pembangkit yang lain dan pada bus ini yang dihitung daya aktif dan reaktif. PV bus atau bus pembangkit yang pada bus ini ada pembangkit dan yang dihitung adalah daya reaktif dan sudut fasa tegangan. PQ bus atau bus beban pada bus ini hanya ada beban aktif dan reaktif yang dihitung pada bus ini adalah besaran tegangan dan sudut fasa tegangan.

Penggunaan metoda Newton Raphson untuk menyelesaikan aliran daya terdapat pada program *Electrical Transient Analyzer Program* (ETAP). Program ini dapat menyelesaikan aliran beban dengan mendisain model system tenaga dalam system satu garis (single line) dan memasukan data-data komponen yang ada pada system. Program sangat teliti sehingga jika data masukan yang dibutuhkan belum lengkap maka program tidak dapat memproses dan memberitahukan data yang kurang. Studi Aliran Daya dengan ETAP dapat digunakan untuk suatu teknik pemograman yang secara otomatis melakukan penyesuaian dan menyelesaikan perhitungan aliran daya. Metode Newton-Raphson 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.

Sistem Per-Unit

Untuk mempermudah perhitungan pada sistem tenaga listrik biasanya dipakai nilai-nilai dalam per-unit. Besaran per-unit didefinisikan sebagai berikut:

$$Per - unit = \frac{Besaran\ yang\ sebenarnya}{Besaran\ dsr\ dg\ dimensi\ yang\ sama}$$

Dengan demikian nilai dari besaran per-unit merupakan nilai yang telah dinormalisasikan 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 aliran daya 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).

$$I_{dasar} = \frac{MVA_{dasar}}{\sqrt{3}kV_{dasar}} \quad (1)$$

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

$$R_{pu} = \frac{R_{sebenarnya}}{R_{dasar}} \quad (3)$$

Studi Aliran Daya

Persoalan aliran daya dapat dipecahkan dengan metode Newton Raphson menggunakan sebuah persamaan nonlinear yang dinyatakan untuk menentukan daya aktif dan daya reaktif dalam hubungannya terhadap tegangan bus (Van Ness dan Griffin, 1986). Daya pada bus p adalah:

$$P_p - jQ_p = V_p^* I_p \quad (4)$$

Dengan memasukkan persamaan $I_p = \sum_{q=1}^n Y_{pq} V_q$ pada persamaan diatas didapat:

$$P_p - jQ_p = V_p^* \sum_{q=1}^n Y_{pq} V_q \quad (5)$$

Dimana:

$$V_p |V_p| e^{-j\delta_p} \quad dan \quad Y_{pq} |Y_{pq}| e^{-j\theta_{pq}}$$

Persamaan menjadi:

$$P_p - jQ_p = \sum_{q=1}^n |V_p V_q Y_{pq}| e^{-j(\theta_{pq} + \delta_p - \delta_q)} \quad (6)$$

Dimana :

$$e^{-j(\theta_{pq} + \delta_p - \delta_q)} = \cos(\theta_{pq} + \delta_p - \delta_q)$$

Memisahkan bagian real dan imajiner,

$$P_p = \sum_{q=1}^n |V_p V_q Y_{pq}| \cos(\theta_{pq} + \delta_p - \delta_q)$$

$$Q_p = \sum_{q=1}^n |V_p V_q Y_{pq}| \sin(\theta_{pq} + \delta_p - \delta_q) \quad (7)$$

$$p = 1, 2, \dots, n-1$$

Hasil perumusan ini dalam sebuah persamaan nonlinear simultan, dua atau lebih bus dari sistem. Daya aktif P dan daya reaktif Q diketahui dan komponen real dan imajiner dari besaran tegangan dan sudut phasa tegangan tidak diketahui untuk semua bus kecuali slack bus, dimana tegangan ditetapkan dan tidak berubah.

Aliran Daya Dengan Newton Raphson

Metoda Newton Raphson membutuhkan sebuah persamaan linear yang dibentuk untuk menyatakan hubungan antara perubahan dalam daya aktif dan daya reaktif dan komponen-komponen dari tegangan bus dimana koefisien matriks adalah Jacobian. Persamaan untuk menentukan elemen dari Jacobian bisa ditentukan dari persamaan daya bus. Daya aktif dan daya reaktif dari persamaan (7) adalah: Komponen real dan imajiner dari daya adalah

$$P_p = \sum_{q=1}^n |V_p V_q Y_{pq}| \cos(\theta_{pq} + \delta_p - \delta_q)$$

$$Q_p = \sum_{q=1}^n |V_p V_q Y_{pq}| \sin(\theta_{pq} + \delta_p - \delta_q) \quad (8)$$

$$p = 1, 2, \dots, n-1$$

Elemen-Elemen Jacobian dihitung dari persamaan (8) sbb
 Untuk J_1 :

$$\frac{\partial P_p}{\partial \delta_p} = |V_p V_q Y_{pq}| \sin(\theta_{pq} + \delta_p - \delta_q) \quad q \neq p$$

$$\frac{\partial P_p}{\partial \delta_p} = - \sum_{\substack{q=1 \\ q \neq p}}^n |V_p V_q Y_{pq}| \sin(\theta_{pq} + \delta_p - \delta_q) \quad (9)$$

Untuk J_2 :

$$\frac{\partial P_p}{\partial |V_q|} = |V_p V_{pq}| \cos(\theta_{pq} + \delta_p - \delta_p) \quad q \neq p$$

$$\frac{\partial P_p}{\partial |V_p|} = 2|V_p Y_{pp}| \cos \theta_{pp} + \sum_{\substack{q=1 \\ q \neq p}}^n |V_p Y_{pq}| \cos(\theta_{pq} + \delta_p - \delta_p)$$
(10)

Untuk J_3 :

$$\frac{\partial P_p}{\partial \delta_q} = |V_p V_q Y_{pq}| \cos(\theta_{pq} + \delta_p - \delta_p) \quad q \neq p$$

$$\frac{\partial P_p}{\partial \delta_p} = - \sum_{\substack{q=1 \\ q \neq p}}^n |V_p V_q Y_{pq}| \cos(\theta_{pq} + \delta_p - \delta_p)$$
(11)

Untuk J_4 :

$$\frac{\partial P_p}{\partial |V_q|} = |V_p V_{pq}| \sin(\theta_{pq} + \delta_p - \delta_p) \quad q \neq p$$

$$\frac{\partial P_p}{\partial |V_p|} = 2|V_p Y_{pp}| \sin \theta_{pp} + \sum_{\substack{q=1 \\ q \neq p}}^n |V_q Y_{pq}| \sin(\theta_{pq} + \delta_p - \delta_p)$$
(12)

Maka hubungan persamaan perubahan pada daya ke perubahan pada besar tegangan dan sudut fasa untuk metoda Newton Raphson adalah:

$$\Delta P_p^k = P_{p(skedul)} - P_p^k$$

$$\Delta Q_p^k = Q_{p(skedul)} - Q_p^k \quad p = 1, 2, \dots, n-1$$
(13)

Pemberian nilai awal dari tegangan bus, daya aktif dan daya reaktif dihitung dari persamaan (8). Perubahan daya adalah pengurangan antara nilai terjadwal dan nilai dihitung sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_1 & J_2 \\ J_3 & J_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta |V| \end{bmatrix}$$
(14)

Tegangan bus ditaksir dan daya dihitung menggunakan arus bus dalam urutan untuk menaksir elemen dari Jacobian. Nilai linear dari elemen matriks Jacobian dan matriks perubahan daya bisa menjawab dari $\Delta \delta_p$ dan $\Delta |V_p|$, $p = 1, 2, \dots, n-1$, dengan metode langsung atau iterasi. Maka, taksiran baru untuk tegangan bus adalah

$$\delta_p^{k+1} = \delta_p^k + \Delta \delta_p^k$$

$$|V_p|^{k+1} = |V_p|^k + \Delta |V_p|^k$$
(15)

Proses kembali hingga ΔP_p^k dan ΔQ_p^k untuk semua bus sampai pada sebuah toleransi yang ditetapkan.

2. Metodologi

Untuk menyelesaikan perhitungan aliran daya dengan metoda Newton Raphson algoritma perhitungan sebagai berikut :

- a. Nilai tebakan awal untuk besaran tegangan dan sudut fasa tegangan pada setiap bus diasumsikan bernilai 1,0 dan 0,0 pu.
- b. Masukkan nilai pada no 1 ke persamaan 8 dan hitung daya aktif dan reaktif
- c. Hitung Matrik jacobian dengan memasukan nilai pada no. 1.
- d. Hitung perubahan daya aktif dan perubahan daya reaktif dengan persamaan 13.
- e. Hitung perubahan besaran tegangan dan sudut fasa tegangan persamaan 14.
- f. Hitung besaran tegangan dan sudut fasa tegangan baru dengan persamaan 15.
- g. Bandingkan besaran tegangan dan sudut fasa tegangan sebelumnya dengan yang baru dihitung. Apakah sudah lebih kecil dari toleransi.
- h. Jika selisih belum lebih kecil dari toleransi hitung diulang kembali ke no.2
- i. Jika sudah lebih kecil dari toleransi hasil perhitungan besaran tegangan dan sudut fasa tegangan didapat.
- j. Hitungan daya aktif dan reaktif yang mengalir pada saluran.
- k. Hitung daya aktif dan reaktif pada bus swing
- l. Perhitungan selesai

Software ETAP Untuk Aliran Daya

Electrical Transient Analyzer Program (ETAP) Power Station adalah suatu perangkat lunak yang dapat digunakan perhitungan aliran daya sistem tenaga dengan bus besar. Simulator ETAP ini merupakan sistem terintegrasi dalam perhitungan aliran daya yang menuntut perhitungan intensive, monitoring online dan mengendalikan power sistem tersebut dengan teknik pemrograman yang terbukti efektif dan dapat digunakan pada komputer dengan sistem operasi Microsoft Windows 98, NT 4.0, 2000, Ku, dan XP. Windows Nt 4.0 dan 2000 juga menyediakan tingkat keandalan yang paling tinggi, perlindungan, dan keamanan. Windows 98 menyediakan pencapaian sempurna untuk analisa kecil dan sistem ukuran menengah (beberapa ratus bus) dan mendukung berbagai aplikasi populer lain.

Diagram satu garis dari ETAP PowerStation membantu dalam membangun jaringan yang kompleks. Diagram satu garis (One-Line Diagram) juga dapat digunakan untuk menempatkan berbagai alat yang bersifat melindungi suatu cabang sirkit dan suatu bus. Dengan ETAP Power station, dapat bekerja secara langsung dengan one-line kabel tanah dan diagram grafis raceway sistem. Program ini telah dirancang menurut tiga konsep dasar sebagai berikut:

a. *Virtual Reality Operation*

Operasi Program menampilkan pengoperasian sistem elektrik sebenarnya pada kondisi nyata. Sebagai contoh, kapan membuka atau menutup suatu circuit breaker, mengubah status operasi suatu motor.

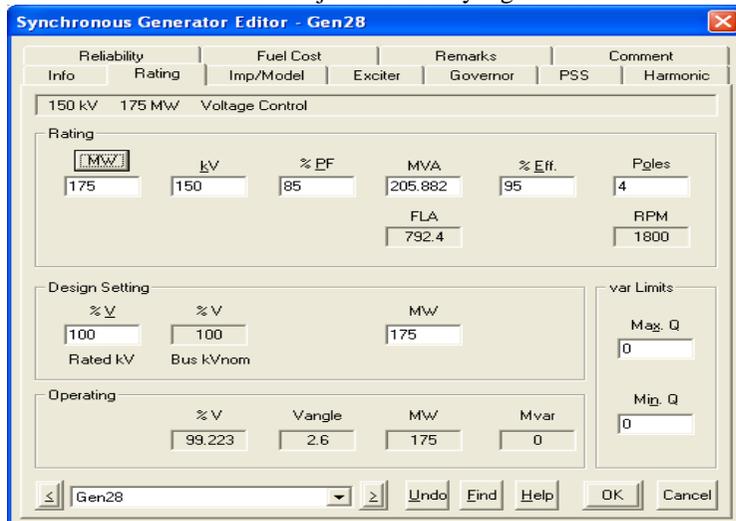
b. *Total Integration of Data*

ETAP Powerstation mengkombinasikan unsur-unsur sistem ke dalam database yang sama seperti atribut elektris, logika, mekanik. Sebagai contoh, kabel tidak

hanya berisi data yang bersifat elektrik saja tapi juga bentuk phisiknya termasuk informasi yang menunjukkan raceway melalui route-nya. Dengan demikian, data untuk kabel dapat digunakan untuk arus beban (yang memerlukan koneksi dan parameter elektrik). Pengintegrasian data ini menyediakan konsistensi seluruh sistem .

c. *Simplicity in Data Entry*

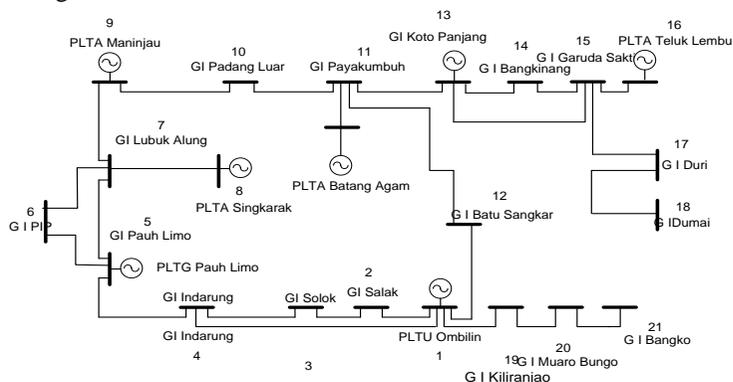
ETAP PowerStation menyediakan data yang terperinci untuk masing-masing peralatan elektrik. Data Para editor dapat mempercepat proses masukan data studi tertentu . Dalam rangka penyelesaian ini, kita mempunyai cara yang paling masuk akal untuk memasukan data untuk jenis analisa yang berbeda atau disain.



Gambar 1 : Tampilan ETAP Simulator

4. Hasil dan Pembahasan

Perhitungan aliran daya dengan metoda Newton Raphson menggunakan software ETAP dengan aplikasi sistem Sumbar-Riau-Jambi dengan gambar sistem tenaga satu garis sebagai berikut :



Gambar 2. Single Line System Sumbar-Riau-Jambi

Penggunaan ETAP untuk menyelesaikan aliran daya dengan membuat gambar sistem satu garis dan setiap memasukan komponen sistem dilengkapi dengan mengisi data-data sesuai dengan petunjuknya. Komponen sistem yang dimasukan adalah : generator, transformator, saluran dan beban. Sedangkan data komponen yang dimasukan berupa : daya aktif, daya reaktif, tegangan, frekuensi, impedansi dan lainnya sampai lengkap sesuai dengan fungsi dari komponen tersebut. Jika gambar satu garis dan data-data sistem tenaga sudah lengkap pada program ETAP maka perintah untuk menghitung aliran daya dengan metoda Newton Raphson sudah dapat dilakukan. Hasil perhitungan aliran beban sistem tenaga Sumbar-Riau-Jambi dengan metoda Newton Raphson menggunakan softwera ETAP yang ditampilkan adalah nilai tegangan bus sistem, drop tegangan, daya aktif dan reaktif pada Swing bus, generator dan total kebutuhan beban semuanya dalam dua tabel sebagai berikut :

Tabel 1 : Hasil Aliran Daya Sistem

CKT/Branch ID	Connected Bus.		% Bus Voltage		Vd
	From Bus	To Bus	From	To	%drop in mag
T Singkarak	11 PS	Sngkrk	100.50	100.50	0.00
Line 16	Bgkng	kt pjng	99.83	99.87	0.04
Line 18	Bgkng	Grdskti	99.83	99.63	0.20
T Bangkinang	Bgkng	Bus17	99.83	99.57	0.25
Line 26	Bngko	Muaro b	99.51	99.56	0.05
T Bangko	Bngko	bus27	99.51	99.31	0.20
Line 22	BtSngkr	Ombilin	100.03	100.00	0.03
Line 23	BtSngkr	Pykmbh	100.03	100.07	0.04
T Bt Sangkar	BtSngkr	bus20	100.03	99.21	0.82
T salak	Bus 1	Salak	99.74	100.00	0.26
T solok	bus2	Solok	99.53	100.10	0.57
T13	bus3	bus4	100.15	100.15	0.00
T indarung 1	bus3	Indrng	100.15	100.32	0.16
T indarung 2	bus3	Indrng	100.15	100.32	0.16
T indarung 3	bus3	bus4	100.15	100.15	0.00
T semen p 1	bus5	Indrng	100.32	100.32	0.00
T semen p 2	bus5	Indrng	100.32	100.32	0.00
T semen p 3	bus5	Indrng	100.32	100.32	0.00
T Pauh limo	bus7	P limo	100.27	100.33	0.05
T Pauh limo	bus7	P limo	100.27	100.33	0.05
T Simp haru	bus8	S Haru	100.11	100.32	0.21
T Simp haru	bus8	S Haru	100.11	100.32	0.21
T31	bus9	PIP	99.55	100.41	0.86
T lb Alung 1	bus10	LA	100.26	100.46	0.20
T LB Alung 2	bus10	LA	100.26	100.46	0.20
T Pdg Luar 1	bus12	Pdg luar	99.72	100.16	0.44
T Pdg Luar 2	bus13	Pdg luar	99.91	100.16	0.24
Line 14	bus14	bus15	98.75	108.26	9.51
T Payakumbuh	bus14	Pykmbh	98.75	100.07	1.32
T Kt Panjang	bus16	kt pjng	99.14	99.87	0.73
T Grd Sakti	bus18	Grdskti	99.62	99.63	0.01
T Grd Sakti	bus19	Grdskti	99.61	99.63	0.02
T Tlk lembu	bus22	TLmbu	99.01	99.60	0.59
T Duri	bus23	Duri	97.44	98.10	0.66
T Dumai	bus24	dumai	97.40	97.89	0.50
TKiliran jao	bus25	Kl jao	99.55	99.79	0.24
T M bungo	bus26	Muaro b	99.39	99.56	0.17
T Tl Lembu 1	Bus41	TLmbu	103.79	99.60	0.79

Line 21	dumai	Duri	97.89	98.10	0.21
Line 20	Duri	Grdskti	98.10	99.63	1.53
Line 17	Grdskti	kt pjng	99.63	99.87	0.23
Line 19	Grdskti	TLmbu	99.63	99.60	0.03
line 1	Indrng	Ombilin	100.32	100.00	0.32
Line 4	Indrng	Solok	100.32	100.10	0.21
Line 5	Indrng	P limo	100.32	100.33	0.01
Line 24	Kl jao	Ombilin	99.79	100.00	0.21
Line 25	Kl jao	Muaro b	99.79	99.56	0.23
Line 15	kt pjng	Pykmbh	99.87	100.07	0.20
Line 7	LA	P limo	100.46	100.33	0.13
Line 9	LA	PIP	100.46	100.41	0.05
Line 10	LA	Sngkrk	100.46	100.50	0.04
Line 11	LA	Mninjau	100.46	100.44	0.02
Line 12	Mninjau	Pdg luar	100.44	100.16	0.28
Line 2	Ombilin	Salak	100.00	100.00	0.00
Line 13	Pdg lua	Pykmbh	100.16	100.07	0.09
Line 8	PIP	P limo	100.41	100.33	0.08
Line 6	P limo	S Haru	100.33	100.32	0.00
Line 3	Salak	Solo	100.00	100.10	0.10

Tabel 2 : Hasil Perhitungan Daya Bus

MW	MVAr	MVA	% PF
Swing Bus(es):	-155.17	28.96	157.85 98.3 Lead
Generators:	447.50	0.00	447.50 100.0 Lagg
Total Demand:	292.33	28.96	293.76 99.5 Lagg
Total Motor Load:	0.00	0.00	0.00 100.0 Lagg
Total Static Load:	287.55 MW	0.00 MVAr	
Apparent Losses:	4.78 MW	28.96 MVAr	
System Mismatch:	0.00 MW	0.00 MVAr	
Number of Iterations =	2		

Berdasarkan hasil perhitungan yang ditampilkan pada tabel diatas terlihat bahwa tegangan pada bus 24 dan bus Dumai yang dihubungi oleh transmisi atau line T Dumai yang terendah 97,40 dan 97,89 % karena pada bus ini tidak ada pembangkit. Sedangkan pada Line 10 antara bus Lubuk Alung dan bus Singkarak tegangannya adalah 100.46 dan 100.50 % karena pada bus ini ada pembangkit yang pertama menerima injeksi daya dan tegangan sistem. Total rugi-rugi sistem untuk daya aktif sebesar 155.17 MW, daya reaktif sebesar 28.96 MVAr dan rugi-rugi daya Semu adalah 157.85 MVA yang dibebankan pada swing bus sebagai bus penadah.

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisa aliran daya dengan metoda Newton Raphson menggunakan softwera ETAP dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Terjadinya jatuh tegangan yang cukup besar pada beberapa bus pada sistem Sumbar-Riau-Jambi yaitu pada bus Dumai sebesar 146,84 kV, beban pada bus 23 sebesar 19,488 kV dan beban pada bus 24 sebesar 19,48 kV .
- Nilai total dari generator, beban dan permintaan yang didapatkan adalah untuk swing bus diserap daya aktif sebesar 155,169 MW dengan daya reaktif 28,963 MVAR, 157,849 MVA dengan 98,3 % PF Leading.

- Untuk generator mempunyai daya aktif dengan total 447,5 MW dan daya reaktif tidak ada, 447.500 MVA dengan 100 % lagging.
- Untuk total permintaan sekitar 292,331 MW dengan 28,963 MVAR, 293.763 MVA dan 99,5 % lagging. Total beban motor tidak ada.
- Total beban statik sebesar 287,549 MW dan rugi-rugi daya nyata / losses sebesar 4,782 MW, 28.963 MVAR
- Electrical Transient Analyzer Program (ETAP) merupakan perangkat lunak yang handal dan cukup akurat untuk mensimulasikan aliran daya (Load Flow) mulai dari pembangkit sampai beban karena elemen-elemennya dapat mempresentasikan karakteristik sistem yang sebenarnya.
- Hasil aliran Daya sistem Sumbar Riau Jambi menggunakan ETAP, tergambar kondisi sesaat dan dapat digunakan untuk mengambil langkah-langkah pengembangan operasi dan perencanaan sistem agar keandalan dan ketersediaan sistem tenaga dapat tetap terjaga walaupun ada kenaikan pemakaian beban oleh konsumen.

Daftar Pustaka

- A.P.Gupta. "Worked Examples In Electrical Power" Third Edition. Oxford & IBH Publishing.Co.
- Arismunandar, A, Kuwahara, S. (1982), "Teknik Tenaga Listrik", Penerbit Pradnya Paramita, Jakarta.
- Gonen Turan (1988), "Modern Power System Analysis", California: John Wiley & sons.
- Hutahuruk, TS. (1985), "Transmisi Daya Listrik", Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Hutauruk TS. (1985), "Analisa Sistem Tenaga Listrik I", Institut Teknologi Bandung.
- Hutauruk TS (1985), "Analisa Sistem Tenaga Listrik II, Sistem Tidak Seimbang", Institut Teknologi Bandung.
- Julian Fery (2001), Modifikasi Metode Quasi Newton-Raphson Orde Kedua Untuk Studi Aliran Daya Dalam koordinat Rectangular, Tugas Akhir TE, Univ Bung Hatta, Padang.
- Marsudi Djiteng (1990), "Operasi Sistem Tenaga Listrik", Balai Penerbit Dan Humas ISTN, Jakarta.
- Pabla.AS (1986), " Sistem Distribusi Daya Listrik ", Erlangga, Jakarta
- Electrical Transient Analyzer Program (ETAP) Simulator, Versi 4.0,
- Pratitia (2006), Studi Analisis Sistem Kelistrikan Sumbagsel Dengan Menggunakan Power World, Tugas Akhir , Univ Bung Hatta, Padang.
- Stevenson, Jr, William. D (1996), "Analisis Sistem Tenaga Listrik", Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Tim, Tibbals and Darrold Woodward P.E (2002), "Sel-7000 Integrated Substation Control And Protection System", Schweitzer Engineering Laboratories, Inc, Pullman, USA.
- Valkenburg, M.E.V. (1994), "Analisa Jaringan Listrik", Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Zuhul (2000), "Dasar Teknik Tenaga Listrik Dan Elektronika Daya", Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.