

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Kestabilan sistem daya dapat didefinisikan sebagai sifat sistem yang bergerak serempak untuk memberikan responnya terhadap gangguan dan mengembalikan kembali ke keadaan normal (Grainger J, 1994). Dengan kata lain, stabilitas sistem daya adalah kemampuan dari sistem tenaga listrik untuk menjaga sistem dalam keadaan sinkron dan seimbang. Usaha untuk mengembalikan kesinkronan kondisi operasi yang baru disebut periode transien. Kriteria utama stabilitas adalah bagaimana mesin-mesin mempertahankan sinkronisasi pada akhir periode transien. Jenis stabilitas dibedakan menjadi tiga berdasarkan sifat alami dan magnitude gangguan (Cekdin, 2007 ; Grainger J, 1994 ; Penangsang, 2009 ; Saadat, 1999):

1. Stabilitas *steady state*

Kemampuan dari sistem tenaga listrik untuk menjaga keadaan sinkron dan seimbang setelah mengalami gangguan kecil, pada kondisi baru atau identik dengan kondisi sebelumnya, misalnya kenaikan beban yang bertahap. Stabilitas *steady state* merupakan fungsi kondisi operasi.

2. Stabilitas transien.

Kemampuan dari sistem tenaga listrik untuk menjaga keadaan sinkron dan seimbang setelah mengalami gangguan besar yang bersifat mendadak selama sekitar satu *swing*, dengan asumsi bahwa *Automatic Voltage Regulator (AVR)* pada generator dan governor pada *prime mover* belum

bekerja. Stabilitas transien merupakan fungsi kondisi operasi dan kondisi gangguan, misalnya gangguan hubung singkat pada jaringan, atau terjadinya pembebanan yang cukup besar secara tiba-tiba.

3. Stabilitas dinamik

Kemampuan dari sistem tenaga listrik untuk menjaga keadaan sinkron dan seimbang setelah *swing* pertama (periode stabilitas transien), sehingga didapat kondisi keseimbangan yang baru dengan adanya respon AVR (*Automatic Voltage Regulator*) dan Governor.

2.1 Stabilitas Transien

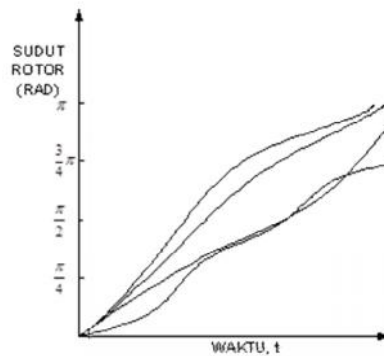
Kestabilan transien merupakan kemampuan sistem tenaga untuk mencapai kondisi stabil operasi baru yang dapat diterima setelah sistem mengalami gangguan besar. Studi kestabilan transien diperlukan untuk memastikan kemampuan sistem untuk bisa menahan kondisi transien setelah gangguan besar.

2.1.1. Pengertian Hilangnya Sinkronisasi

Ketidakseimbangan antara daya pembangkit dan beban menimbulkan suatu keadaan transient yang menyebabkan rotor dari mesin sinkron berayun karena adanya torsi yang mengakibatkan percepatan atau perlambatan pada rotor tersebut. Bila torsi tersebut cukup besar, maka satu atau lebih dari mesin sinkron tersebut akan kehilangan sinkronisasinya.

Misal terjadi ketidakseimbangan yang disebabkan oleh adanya pembangkitan yang berlebihan, maka sebagian besar dari energi yang berlebihan akan diubah menjadi energi kinetik yang mengakibatkan

kecepatan sudut rotor bertambah besar. Walaupun kecepatan rotor bertambah besar, tidak berarti bahwa sinkronisasi dari mesin tersebut akan hilang. Faktor yang menentukan adalah perbedaan sudut rotor / daya antara mesin-mesin dalam sistem, dimana sudut rotor / daya tersebut diukur terhadap referensi putaran sinkron. Perhatikan gambar dibawah ini yang menunjukkan sudut rotor/daya mesin dalam sistem 4 mesin sebagai fungsi waktu selama keadaan transient.

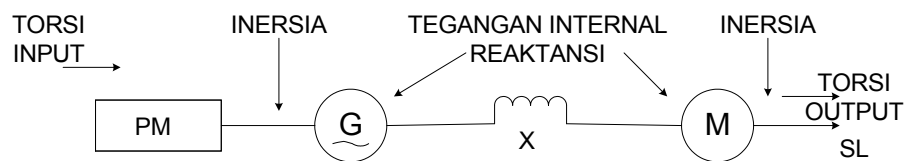


Gambar 2.1 Berbagai perbedaan sudut rotor akibat terjadinya gangguan

Semua sudut rotor meningkat tetapi perbedaan sudut rotor dari semua mesin kecil dan sudut-sudut tersebut menuju posisi yang baru.

2.1.2. Faktor Utama dalam Masalah Stabilitas

Terdapat dua faktor utama dalam stabilitas sistem tenaga listrik (Penangsang, 2009), sebagaimana terdapat pada gambar di bawah ini;



Gambar 2.2 Faktor utama masalah kestabilan

Keterangan;

Pm	:	prime mover
G	:	generator sinkron
X	:	reaktansi saluran
M	:	motor sinkron
Sl	:	sumbu beban

1. Faktor mekanis :
 - Torsi input prime mover
 - Inersia dari prime mover dan generator
 - Inersia motor dan sumbu beban
 - Torsi output sumbu beban
2. Torsi listrik :
 - Tegangan internal dari generator sinkron
 - Reaktansi sistem
 - Tegangan internal dari motor sinkron

2.1.3. Hal-hal yang dapat Mempengaruhi Kestabilan

Beberapa hal yang mempengaruhi kestabilan sistem tenaga listrik diantaranya adalah (Penangsang, 2009):

2.1.3.1. *Starting Motor*

Proses motor starting menarik arus yang besarnya 6x arus rating motor normal dari sistem sehingga berakibat adanya beberapa *voltage drop* di sistem dan gangguan-gangguan terhadap operasi

normal pada pembebanan sistem. Hal ini menyebabkan pentingnya dilakukan analisa terhadap proses *starting motor*.

2.1.3.2. Gangguan Hubung Singkat

Gangguan hubung singkat dapat menyebabkan tegangan di daerah gangguan menjadi bernilai nol, hal ini dapat menyebabkan P_m lebih besar dari nilai P_e yang mengakibatkan percepatan rotor generator.

2.1.3.3. Penambahan beban secara tiba-tiba

Penambahan beban secara tiba-tiba pada suatu sistem tenaga listrik dapat mengakibatkan timbulnya gangguan peralihan. Jika beban dinaikkan sampai terjadi osilasi, sehingga menyebabkan sistem mengalami ayunan yang melebihi titik kritis yang tidak dapat kembali seperti semula.

2.1.4. Metode Mempertahankan Stabilitas Sistem dari Gangguan

Beberapa metode untuk mempertahankan kestabilan suatu sistem tenaga listrik dari gangguan (Saadat, 1999), adalah;

1. Menaikkan konstanta inersia generator.
2. Menaikkan tegangan generator.
3. Menggunakan peralatan pemutus rangkaian yang memiliki respon cepat.
4. Menurunkan reaktansi seri saluran.

2.2 Dinamika Rotor dan Persamaan Ayunan

Persamaan yang mengatur gerakan rotor suatu mesin serempak didasarkan pada prinsip dasar dinamika yang menyatakan bahwa momen putar percepatan (*accelerating torque*) adalah hasil kali dari momen-momen kelembaman (*moment of inertia*) rotor dan percepatan sudutnya. Dalam sistem unit-unit MKS dan untuk generator serempak, persamaan ini dapat ditulis dalam bentuk:

$$J \frac{d^2 \theta_m}{dt^2} = T_a = T_m - T_e \quad \text{N-m} \quad (2.1)$$

Simbol-simbol di atas mempunyai arti sebagai berikut:

J = Momen kelembaman total dari massa rotor dalam $kg-m^2$

θ_m = Pergeseran sudut dari rotor terhadap suatu sumbu yang diam (*stationary*), dalam radian mekanis

t = Waktu, dalam detik

T_a = Momen putar percepatan bersih, dalam Nm

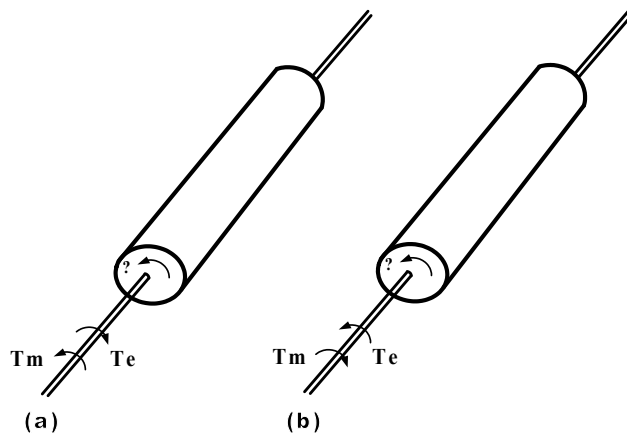
T_m = Momen putar mekanis atau poros (penggerak) yang diberikan oleh penggerak mula dikurangi dengan momen putar perlambatan (*retarding*) yang disebabkan oleh rugi-rugi perputaran, dalam Nm

T_e = Momen putar listrik atau elektromagnetis bersih, dalam Nm

Momen putar mekanis T_m dan momen putar listrik T_e dianggap positif untuk generator serempak. Ini berarti bahwa T_m adalah resultan momen putar poros yang mempunyai kecenderungan untuk mempercepat rotor dalam arah

putaran θ_m yang positif seperti ditunjukkan Gambar 2.2a. Untuk generator yang bekerja dalam keadaan tetap, T_m dan T_e adalah sama sedangkan momen putar T_a sama dengan nol. Dalam keadaan ini tidak ada percepatan atau perlambatan terhadap massa rotor dan kecepatan tetap resultan adalah kecepatan serempak.

Massa yang berputar meliputi rotor dari generator dan penggerak mula dikatakan dalam keadaan serempak dengan mesin lainnya yang bekerja pada kecepatan serempak dalam sistem daya tersebut. Penggerak mulanya mungkin berupa suatu turbin air atau turbin uap dan untuk masing-masing turbin sudah ada model dengan bermacam-macam tingkat kesulitan untuk melukiskan pengaruh pada T_m .



Gambar 2.3. Representasi suatu rotor mesin yang membandingkan arah perputaran serta momen putar mekanis dan listrik untuk (a) generator dan (b) motor (Stevenson, 1996:352).

T_m dianggap konstan pada setiap keadaan kerja yang diberikan. Anggapan ini cukup baik untuk beberapa generator meskipun masukan dari penggerak mulanya diatur oleh regulator (*governor*). Regulator tidak bekerja sebelum dirasakan perubahan pada kecepatan. Momen putar listrik T_e bersesuaian dengan

daya bersih celah udara mesin. Dengan demikian adalah daya keluaran total dari generator ditambah dengan rugi-rugi $|I^2| R$ dalam gulungan jangkar. Dalam motor serempak arah aliran daya berlawanan dengan generator. Oleh karena itu untuk motor, T_e dan T_m pada persamaan (2.1) akan terbalik tandanya seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.2b. Di sini T_e adalah daya celah udara yang diberikan oleh sistem tenaga listrik untuk menggerakkan rotor, sedangkan T_m merupakan momen putar tandingan (*counter torque*) beban dan rugi putaran yang cenderung untuk memperlambat rotor.

Karena θ_m diukur terhadap sumbu pedoman yang diam pada stator maka θ_m adalah ukuran absolut sudut rotor. Karena itu pula θ_m akan terus bertambah dengan waktu bahkan pada kecepatan serempak yang konstan. Karena itu menaruh perhatian pada kecepatan rotor relatif terhadap kecepatan serempak adalah lebih mudah untuk mengukur posisi sudut rotor terhadap sumbu pedoman yang berputar dengan kecepatan serempak.

Dengan demikian

$$\theta_m = \omega_{sm} t + \delta_m \quad (2.2)$$

Keterangan;

ω_{sm} = Kecepatan serempak mesin dalam radius mekanis per detik

δ_m = Pergeseran sudut rotor dalam radius mekanis dari sumbu pedoman yang berputar dengan kecepatan serempak dalam radian mekanis

Dengan menurunkan persamaan (2.2) terhadap waktu diperoleh

$$\frac{d\theta_m}{dt} = \omega_{sm} + \frac{d\delta_m}{dt} \quad (2.3)$$

dan

$$\frac{d^2\theta_m}{dt^2} = \frac{d^2\delta_m}{dt^2} \quad (2.4)$$

Keterangan;

$$\frac{d\theta_m}{dt} = \text{Kecepatan sudut rotor dalam radian mekanis per detik}$$

$$\frac{d\delta_m}{dt} = \text{Penyimpangan kecepatan rotor dari keadaan rotor keadaan serempak dan unit ukurannya adalah radian mekanis per detik}$$

Persamaan (2.4) memberikan kecepatan rotor yang diukur dalam radian mekanis per detik pangkat dua. Dengan mensubstitusikan persamaan (2.3) dan (2.4) diperoleh

$$J \frac{d^2\theta_m}{dt^2} = T_a = T_m - T_e \quad Nm \quad (2.5)$$

Untuk mempermudah notasinya

$$\omega_{sm} = \frac{d\theta_m}{dt} \quad (2.6)$$

Daya adalah perkalian antara momen putar dengan kecepatan sudut, maka

$$J \omega_m \frac{d^2\delta_m}{dt^2} = P_a = P_m - P_e \quad Nm \quad (2.7)$$

Keterangan;

P_m = Masukan daya poros ke mesin dikurangi dengan rugi-rugi perputaran dalam Watt.

P_e = Daya listrik pada celah udaranya dalam Watt.

P_a = Daya percepatan yang memperjelas ketidakseimbangan antara kedua daya dalam Watt.

$J \omega_m$ = Momentum sudut (*angular momentum*) rotor pada kecepatan serempak.

Biasanya rugi-rugi perputaran dan rugi-rugi $|I^2| R$ jangkar dapat diabaikan sehingga P_m dapat dianggap sebagai daya yang dicatu oleh penggerak mula P_e sebagai keseluruhan daya listrik.

Koefisien $j\omega_m$ adalah momentum sudut (*angular momentum*) rotor pada kecepatan serempak ω_{sm} . Momen ini dapat dinyatakan dengan M dan disebut konstanta kelembaman (*inertia constant*) dari mesin tersebut. Jelas bahwa unit-unit yang menyatakan M harus sesuai dengan unit untuk j dan ω_m . Dengan meneliti unit pada masing-masing suku persamaan (2.7) diperoleh M dinyatakan dalam *joule-detik per-radian* dan dapat dituliskan dengan

$$M \frac{d^2 \delta_m}{dt^2} = P_a = P_m - P_e \quad W \quad (2.8)$$

Meskipun menggunakan M dalam persamaan ini, koefisien tersebut bukanlah suatu konstanta dalam arti yang sebenarnya karena ω_m tidak sama

dengan kecepatan serempak pada semua keadaan kerja, tetapi dalam praktik ω_m tidak berlaku berbeda dari kecepatan serempak bila mesin stabil dan karena daya lebih memudahkan perhitungan dari momen putar, persamaan (2.8) lebih banyak dipilih. Dalam data mesin yang diberikan untuk keperluan studi kestabilan, suatu konstanta yang hubungannya dengan kelembaman, konstanta dinamakan H yang didefinisikan sebagai

$$H = \frac{\text{Daya kinetis yang disimpan dalam megajoule pada kecepatan serempak}}{\text{Rating dalam MVA}}$$

dan

$$H = \frac{\frac{1}{2} J \omega_{sm}^2}{S_{mach}} = \frac{\frac{1}{2} M \omega_{sm}}{S_{mach}} = MJ / MVA \quad (2.9)$$

Keterangan;

S_{mach} = Batas kemampuan kerja (*rating*) tiga fasa dalam MVA.

H = Konstanta yang berhubungan dengan kelembaman.

Dengan menyelesaikan untuk M pada persamaan (2.9) diperoleh

$$M = \frac{2H}{\omega_{sm}} S_{mach} \quad MJ/\text{radian mekanis} \quad (2.10)$$

dan dengan memasukkan persamaan (2.1) diperoleh

$$\frac{2H}{\omega_s} \frac{d^2 \delta}{dt^2} = \frac{P_a}{S_{mach}} = \frac{P_m - P_e}{S_{mach}} \quad (2.11)$$

Bahwa δ_m pada pembilang persamaan (2.28) dinyatakan dalam radian mekanis sedangkan ω_m pada penyebut dinyatakan dalam radian mekanis per detik. Oleh karena itu dapat ditulis

$$\frac{2H}{\omega_s} \frac{d^2 \delta}{dt^2} = P_a = P_m - P_e \quad \text{per unit} \quad (2.12)$$

Keterangan;

ω_s = Kecepatan serempak dalam satuan listrik untuk suatu sistem
dengan frekuensi sebesar Hz

Asal saja δ maupun ω_s mempunyai satuan konsisten yang mungkin dalam derajat mekanis, listrik, atau radian. H dan t mempunyai satuan konsisten karena *mega joule per megavolt ampere* adalah dalam satuan detik dan P_a , P_m , dan P_e harus dalam satuan dengan dasar yang sama seperti H . Bila subskrip M dihubungkan pada ω , ω_s , dan δ , itu berarti bahwa yang digunakan adalah satuan mekanis, jika tidak demikian yang dimaksud adalah daya listrik. Persamaan (2.12) menjadi

$$\frac{H}{\pi f} \frac{d^2 \delta}{dt^2} = P_a = P_m - P_e \quad \text{per unit} \quad (2.13)$$

Bila δ dinyatakan dalam radian listrik sedangkan

$$\frac{H}{180f} \frac{d^2 \delta}{dt^2} = P_a = P_m - P_e \quad \text{per unit} \quad (2.14)$$

Persamaan (2.14) disebut persamaan ayunan mesin merupakan persamaan dasar yang mengatur dinamika (gerak) putar mesin serempak. Dalam studi

kestabilan persamaan tersebut adalah persamaan differential orde kedua yang dapat dituliskan sebagai dua buah persamaan differensial orde pertama di mana ω , ω_s

$$\frac{2H}{\omega_s} \frac{d\omega}{dt} = P_m - P_e \quad \text{per unit} \quad (2.15)$$

$$\frac{d\delta}{dt} = \omega - \omega_s \quad (2.16)$$

Simbol δ adalah menyangkut radian listrik dan derajat listrik. Berbagai bentuk ekuivalen dari persamaan akan digunakan untuk menentukan sebuah mesin dalam sistem daya. Bila persamaan tersebut diselesaikan maka diperoleh rumusan untuk δ sebagai fungsi waktu. Grafik penyelesaian ini disebut kurva ayunan (*swing curve*) mesin dan dengan meneliti kurva ayunan semua mesin dalam sistem akan terlihat bahwa mesin akan serempak meskipun terjadi gangguan.

2.3 Menentukan Stabilitas Transien dengan Methode Kriteria Sama Luas

Studi stabilitas transient meliputi penentuan tercapai atau tidaknya keserempakan setelah mesin mengalami gangguan. Gangguan tersebut dapat berupa gangguan hubung singkat, lepasnya salah satu generator, dan efek motor *starting*.

Suatu metode yang dapat digunakan untuk memprediksi stabilitas yang cepat adalah metode kriteria luas sama. Metode ini hanya dapat dipakai untuk suatu sistem satu mesin yang terhubung ke infinite bus atau sistem dua mesin.

Persamaan (2.13) dapat digunakan untuk menurunkan metode kriteria luas sama sebagai berikut:

$$\frac{H}{\pi \cdot f_0} \frac{d^2 \delta}{dt^2} = P_m - P_e = P_a$$

Dengan P_a adalah daya percepatan. Dari persamaan di atas di dapatkan:

$$\frac{d^2 \delta}{dt^2} = \frac{\pi f_0}{H} (P_m - P_e)$$

Jika kedua sisi kiri dan kanan dari persamaan di atas dikalikan dengan $2d\delta/dt$, didapatkan:

$$2 \frac{d\delta}{dt} \frac{d^2 \delta}{dt^2} = \frac{2\pi f_0}{H} (P_m - P_e) \frac{d\delta}{dt}$$

Dapat ditulis dalam bentuk yang lain sebagai berikut:

$$\frac{d}{dt} \left[\left(\frac{d\delta}{dt} \right)^2 \right] = \frac{2\pi f_0}{H} (P_m - P_e) \frac{d\delta}{dt}$$

Atau

$$d \left[\left(\frac{d\delta}{dt} \right)^2 \right] = \frac{2\pi f_0}{H} (P_m - P_e) d\delta$$

Integrasi kedua sisi kiri dan kanan menghasilkan:

$$\left(\frac{d\delta}{dt} \right)^2 = \frac{2\pi f_0}{H} \int_{\delta_0}^{\delta} (P_m - P_e) d\delta$$

Atau

$$\left(\frac{d\delta}{dt} \right) = \sqrt{\frac{2\pi f_0}{H} \int_{\delta_0}^{\delta} (P_m - P_e) d\delta} \quad (2.17)$$

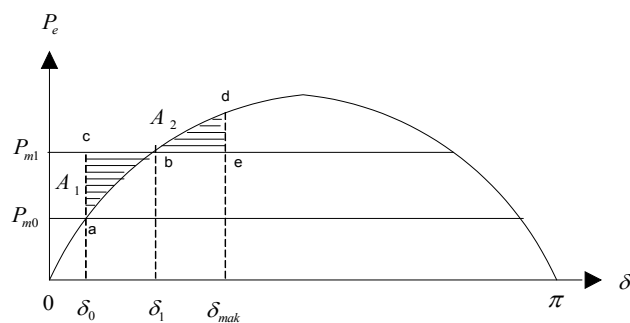
Bila pada persamaan (2.17) kecepatannya menjadi nol sesaat setelah gangguan, maka di dapatkan kriteria luas sama sebagai berikut:

$$\int_{\delta_0}^{\delta} (P_m - P_e) d\delta = 0 \quad (2.18)$$

Mesin bekerja pada titik setimbang δ_0 . Pada titik ini daya input mekanik $P_{m0} = P_{e0}$ seperti ditunjukkan pada gambar 2.4. Penambahan daya input tiba-tiba yang dinyatakan oleh garis horizontal P_{m1} . Dengan $P_{m1} > P_{e0}$, daya percepatan pada rotor adalah positif dan sudut daya δ bertambah. Kelebihan energi yang tersimpan pada rotor selama percepatan awal adalah:

$$\int_{\delta_0}^{\delta} (P_m - P_e) d\delta = \text{luas abc} = \text{luas } A_1 \quad (2.19)$$

Dengan penambahan δ , daya listrik bertambah, dan pada saat $\delta = \delta_1$ maka daya input yang baru adalah P_{m1} . Walaupun daya percepatan adalah nol pada titik ini, rotor berputar di atas kecepatan serempak. Oleh karena itu sudut daya δ dan daya listrik P_e bertambah secara kontinyu.



Gambar 2.4. Kriteria luas sama pada perubahan beban mendadak (Cekdin.2006:235)

Sekarang $P_m < P_e$ yang menyebabkan motor diperlambat kearah kecepatan serempak hingga $\delta = \delta_{mak}$, maka kelebihan energi yang tersimpan pada rotor selama perlambatan adalah sebagai berikut:

$$\int_{\delta_1}^{\delta_{mak}} (P_{m1} - P_e) d\delta = \text{luas bde} = \text{luas } A_2 \quad (2.20)$$

Dari persamaan (2.27) dan (2.28) didapatkan suatu hubungan:

$$|\text{luas } A_1| = |\text{luas } A_2| \quad (2.21)$$

Persamaan (2.29) dikenal sebagai kriteria luas sama.

2.4 Load Shedding

Gangguan lepasnya salah satu pembangkit pada sistem tenaga listrik dapat menyebabkan daya yang tersedia tidak dapat mencukupi kebutuhan, maka untuk menghindari sistem dalam keadaan *collapsed* dibutuhkan pelepasan beban (*Load shedding*). Pelepasan beban dilakukan untuk menyeimbangkan antara jumlah suplai dan permintaan beban.

Penentuan jumlah beban yang akan dilepas terlebih dahulu, ditentukan berdasarkan prioritas dari masing-masing peralatan tersebut, dengan berdasarkan pada kepentingan kelangsungan produksi. Dimana skema pelepasan beban terdiri dari dua jenis (Vuan B, 2010), yaitu:

2.4.1. Pelepasan beban cepat (*Fast Load Shedding*)

Skema pelepasan beban cepat (*Fast Load Shedding*) terjadi apabila, salah satu pemutus arus (*Circuit breaker*) dari pembangkit terbuka. Sehingga hal ini akan mengakibatkan penambahan beban secara tiba-tiba

pada pembangkit yang tidak mengalami gangguan. Untuk menjaga agar sistem tidak *collapsed*, maka diperlukan pemutusan beban secara cepat.

2.4.2. Pelepasan beban pelan (*Slow Load Shedding*)

Skema pelepasan beban pelan (*Slow Load Shedding*) terjadi apabila, terdapat penurunan frekuensi pada sistem jala-jala akibat bertambahnya beban yang berakibat timbulnya beban lebih (*Over load*) pada generator. Alat yang tepat untuk mendeteksi adanya penurunan frekuensi, adalah *Under Frequency Relay* yang dipasang pada sistem jala-jala dan memberikan perintah *trip* pada peralatan yang akan dilepas berdasarkan prioritas yang telah di tentukan.

Adapun skema pelepasan beban berdasarkan IEEE Std C37.106-2003 (*Revision of ANSI/IEEE C37.106-1987*) ada 2 jenis, yaitu pelepasan beban tiga langkah, dan pelepasan beban enam langkah, sebagaimana detailnya terdapat pada tabel dibawah ini;

Tabel 2.1 Skema load shedding tiga langkah

Step	Frequency Trip Point (Hz)	Percent of Load Shedding (%)	Fixed Time Delay (Cycles) on Relay
1	59.3	10	6
2	59.2	10	6
3	58.8	5	6

Tabel 2.2 Skema load shedding enam langkah

Step	Frequency Trip Point (Hz)	Percent of Load Shedding (%)	Fixed Time Delay (Cycles) on Relay
1	59.3	10	6
2	59.2	10	6
3	58.8	5	6
4	58.8	5	14
5	58.4	5	14
6	58.4	5	21

2.5 ETAP Power Station

ETAP *Power Station* di buat dan dikembangkan oleh *Operasi Technology, Inc. (OTI)* yang merupakan perusahaan analisa spectrum yang focus dalam desain, perencanaan, analisa, pelatihan, pengoperasian, dan simulasi komputer pada system tenaga listrik. OTI adalah perusahaan paling komprehensif, dengan lebih dari 50.000 lisensi di lebih dari 100 negara, ETAP melayani kebutuhan system tenaga listrik dari pembangkit sampai ke beban. Tim dari OTI melakukan penelitian dan pengembangan yang didukung oleh insinyur dan ilmuwan yang memiliki pengetahuan gabungan lebih dari 500 tahun pengalaman.

2.5.1. Perkembangan ETAP Power Station

Didirikan pada tahun 1986, OTI merilis versi pertama dari *Electrical Transient Analyser Program (ETAP), Power system analysis*. Saat ini, OTI diakui sebagai pemimpin pasar global dalam menyediakan solusi untuk analisa sistem daya, desain, simulasi, operasi, kontrol, optimasi, dan otomatisasi.

Kantor OTI terletak di Irvine, California yang meliputi seluruh tim penelitian dan pengembangan, divisi teknik, dan staf pendukung. OTI memperluas jangkauan global dengan kantor-kantor penjualan dan dukungan di lebih dari 80 negara. Pada saat itu ETAP;

- ETAP adalah satu-satunya perangkat lunak yang disetujui untuk digunakan dalam nuklir / fasilitas yang mempunyai resiko tinggi.

- OTI merilis 32-bit program untuk analisa sistem kelistrikan pertama berbasis Windows.
- Real-Time ETAP diluncurkan untuk memenuhi tuntutan yang berkembang, untuk memantau sistem secara online, simulasi, kontrol, dan otomatisasi.
- OTI telah berkembang menjadi perusahaan pembuat *software* sistem analisa terbesar di dunia.
- OTI terus berusaha memenuhi kebutuhan klien dengan mengembangkan teknologi perangkat lunak untuk sistem tenaga listrik.

Tabel 2.3 Perkembangan ETAP *Power Station*

Year	Development			
1983	Development of ETAP			
1986	Operation Technology, Inc. Establish	First Release of ETAP DOS 1.0		
1991	Nuclear Certification	First Installation of ETAP Real Time		
1992	ETAP DOS 6.5	ETAP DOS 7.1		
1995	ETAP DOS 7.3	ISO 9001 Certification		
1996	ETAP 1.0	First Power Analysis Program for Windows 32 bit		
1998	ETAP 2.0	Power System Monitoring and Simulation (PSMS)		
2000	ETAP 3.0	Harmonic Analysis DC System Generator Start-Up Optimal Power Flow	First Annual ETAP Nuclear Conference	
2001	ETAP 4.0	Reability Analysis Ground Grid Design Panel System UDM	ETAP Data X	OTI Far-East Office

Tabel 2.4 lanjutan

2002	ETAP 4.7	ETAP Learning Center		
2004	ETAP 5.0	Control Circuit Diagram Unbalance Load Flow Line Sag & Tension Arc Flash Analysis	ETAP GIS	ETAP Device Coordination
2005	Energy Management System EMS	Intelligent Load Shedding ILS	ETAP ARTTS Relay Testing Hardware	
2006	ETAP 5.5	Chinese Version	Japan Version	Intelligent Substation iSub
2007	ETAP 5.6	ETAP Solution Provider Program	Automatic Generation Control AGC	
2008	ETAP 6.0	Renewable Energy	BS7671 Cable Sizing, Data Comparator, Report Analyser	CSE Product of The Year Award
2009	ETAP 7.0	Smart Grid Solution	Single Phase Arc Flash	Switching Sequence Management Load Analyser
2010	ETAP 7.1	Cable Ampacity-IEC Custom Arc Flash Label		
2011	ETAP 7.5	Multi language support English, Spanish, Chinese, Japanese, Portuguese, German		

Sumber: www.etap.com

2.5.2. Fitur-fitur pada ETAP Power Station

Fitur –fitur yang dimiliki ETAP Power Station 6.0 adalah sebagai berikut (Etap, 2007):

One-Line Diagrams, Time-Current Device Coordination / Selectivity Plots (ETAP STAR), Ground Grid, Underground Raceway Systems, Cable Pulling, Transformer Sizing, Transformer Tap Optimization, Motor Parameter Estimation, ODBC (Open Database Connectivity), 3D-Database, Convert to EMF, WMF, and DXF Files, Printing/Plotting of One-Line

Diagram, OLE Client, Active Error Viewer, Alert View, Application Message Logging, Crystal Reports, Output Report Manager, Schedule Report Manager, Annotation Display Options, AC Elements, One-Line Diagram, Instrumentation Elements, One-Line Diagram, Nested Sub-Systems, One-Line Diagram, DC Elements, One-Line Diagram, DC Elements, Control Circuit Diagram, AC-DC Elements, One-Line Diagram, Elements, Underground Raceway System, Elements, Ground Grid System Elements, Cable Pulling System, Libraries, Transformer Typical Data, Base Package, Load Flow Analysis, Panel and Single-Phase Systems, Short-Circuit Analysis, Time-Current Device Coordination/Selectivity (Star), Arc Flash IEEE 1584, Motor Acceleration Analysis, Harmonic Analysis, Transient Stability Analysis, User-Defined Dynamic Modelling, Generator Start-Up Analysis, Cable Derating Analysis, Ground Grid Systems , Optimal Power Flow, DC Load Flow and DC Short-Circuit Analysis, DC Battery Sizing and Discharge Analysis, Control System Diagram, Reliability Analysis, Unbalanced Load Flow, Transmission Line – Sag, Tension, and Ampacity, High Voltage DC Systems, Optimal Capacitor Placement, GIS Interface (ESRI ArcGIS), Electrical Data Processing Program (e-DPP), ETAP – e-DPP Interface, SmartPlant Electrical Interface (Intergraph SPEL), Real-Time Advanced Monitoring, Real-Time Event Playback, Real-Time Energy Management System (EMS), Real-Time Intelligent Load Shedding, dan Wind Turbine Generator (WTG).