

4.3 Studi ^{Aliran} Beban-~~Arus~~

Penghitungan ^{Aliran} beban ~~arus~~ ditunjukkan dalam perencanaan sistem tenaga, perencanaan pengoperasian dan pengendalian. Pada saat pemecahan sistem tenaga yang besar, studi ^{Aliran} beban-~~arus~~ secara meningkat digunakan untuk maksud-maksud seperti jaminan perkiraan terputusnya aliran listrik, dan penghitungan-penghitungan yang lebih rumit seperti pengoptimalan dan stabilitasasi. Tipe-tipe utama dari pemecahan beban-arus didalam aplikasinya ditunjukkan pada tabel 4.1:

Tabel 4.1 tipe-tipe pemecahan ^{Aliran} beban-~~arus~~ (aliran daya)

Akurat	kira-kira
tidak biasa	biasa
off-line	on-line
masalah tunggal	masalah beragam

Informasi yang diperoleh dari studi ^{Aliran} beban-~~arus~~ adalah :

- (i) Besar sudut dan fase sudut dari tegangan pada tiap bus dengan petunjuk pada tegangan ayun bus.
- (ii) ^{Daya nyata} ~~tenaga~~ yang ~~besar~~ dan ^{daya} ~~tenaga~~ reaktif yang mengalir dalam tiap-tiap saluran.
- (iii) bagian yang paling utama pada sistem dua-bus yang sederhana ditunjukkan pada gbr.4.3(a) dan sirkuit yang ekuivalen dalam gambar 4.3(b).

SG_1 dan SG_2 adalah ^{daya} ~~tenaga~~ dari unit-unit generator dimasukkan atau disuntikkan ke dalam bus₁ dan bus₂. SD_1 dan SD_2 adalah beban yang disambungkan dari bus₁ dan bus₂. Antar bus dihubungkan melalui saluran transmisi pada impedansi rangkaian seri Z_{se} dan ^{shunt admittance} menerima aliran pada tiap-tiap akhir. Tenaga bus didefinisikan sebagai

daya jaringan tenaga (net power) yang berbeda antara generatornya dan beban tenaga pada busnya.

gambar 4.3 sistem 2 bus dan sirkuit yang ekuivalen.

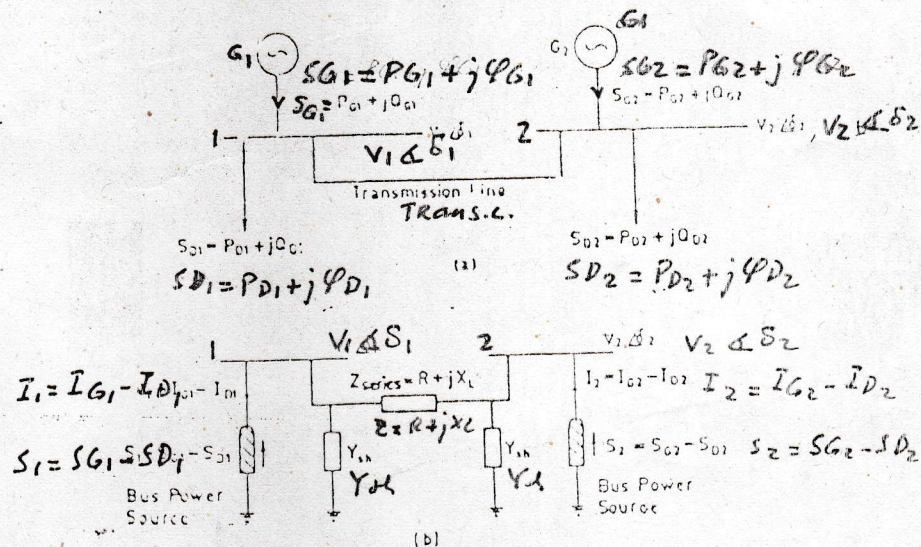


Fig. 4.3 Two-bus system and its equivalent circuit

Untuk gambar sistem dua-bus , jaringan tenaganya akan menjadi :

$$\left. \begin{aligned} S_1 &= P_1 + jQ_1 = P_{G1} - P_{D1} + j(Q_{G1} - Q_{D1}) \\ S_2 &= P_2 + jQ_2 = P_{G2} - P_{D2} + j(Q_{G2} - Q_{D2}) \end{aligned} \right\} \quad (4.6) \quad \Rightarrow \text{Daya bus}$$

Daya Tenaga bus dapat dianggap sebagai daya yang disuntikan melalui sumber daya bus.

Pada operasi sistemnya, daya nyata tenaga besar yang terbentuk dan tenaga nyata besar yang diperlukan ditambah kerugian yang daya seharusnya menjadi seimbang dengan mempertahankan frekuensi sistem agar tetap konstan pada frekuensi 50 Hz. Keseimbangan dapat juga dipertahankan dengan menjaga kekonstanan tegangan busnya.

Untuk penjelasan dua-bus sistem dalam gambar 4.3, empat persamaan keseimbangan berikut dapat diperoleh dari :

$$\left. \begin{aligned}
 P_{G1} - P_{D1} - \frac{|V_1|^2}{X_L} \sin \alpha + \frac{|V_1| |V_2|}{X_L} \sin [\alpha - (\delta_1 - \delta_2)] &= 0 \\
 P_{G2} - P_{D2} - \frac{|V_2|^2}{X_L} \sin \alpha + \frac{|V_1| |V_2|}{X_L} \sin [\alpha + (\delta_1 - \delta_2)] &= 0 \\
 Q_{G1} - Q_{D1} + \frac{|V_1|^2}{X_C} - \frac{|V_1|^2}{X_L} \cos \alpha + \frac{|V_1| |V_2|}{X_L} \cos [\alpha - (\delta_1 - \delta_2)] &= 0 \\
 Q_{G2} - Q_{D2} + \frac{|V_2|^2}{X_C} - \frac{|V_2|^2}{X_L} \cos \alpha + \frac{|V_1| |V_2|}{X_L} \cos [\alpha + (\delta_1 - \delta_2)] &= 0
 \end{aligned} \right\} (4.7)$$

Dimana $d = \frac{R}{X_L}$; X_C = kapasitif reaktansi pada setengah saluran.

Persamaan-persamaan ini dikenal sebagai persamaan ^{aliran} beban statis (SLFE = Static Load Flow Equations).

Persamaan SLF (Static Load Flows) adalah persamaan aljabar nonlinear dan 12 yang lain tak dikenal. Keseimbangan ^{daya} riil dihasilkan dari $P_{G1} + P_{G2}$; keseimbangan ^{daya} reaktifnya dihasilkan dari $Q_{G1} + Q_{G2}$. Dan hilangnya hubungan hanyalah fungsi-fungsi dari variabel-variabel tegangan.

$$\begin{aligned}
 P_L &= P_L(|V_1|, |V_2|, \delta_1, \delta_2) \\
 Q_L &= Q_L(|V_1|, |V_2|, \delta_1, \delta_2)
 \end{aligned} \quad (4-8)$$

Variabel-variabel pada persamaan (4.7) di klasifikasikan sebagai berikut :

$P_{D1}, P_{D2}, Q_{D1}, Q_{D2}$, ditentukan oleh pemakai dan diluar kontrol. Variabel-variabel tersebut diistilahkan sebagai

gangguan atau variabel-variabel yang tak dapat dikendalikan.

$P_{G1}, P_{G2}, Q_{G1}, Q_{G2}$ adalah variabel terkendali atau variabel-variabel yang bebas. $|V_1|, |V_2|, \delta_1, \delta_2$ adalah variabel terikat atau variabel-variabel statis. Q_{G1}, Q_{G2} mempengaruhi besar vektor dari $|V_1|, |V_2|$, sementara P_{G1}, P_{G2} mempengaruhi δ_1 dan δ_2 .

Prosedur untuk solusi terhadap SLFE akan :

- (i) asumsikan variabel-variabel yang diminta.
- (ii) Tetapkan satu dari variabel riil dan ~~variabel~~ ^{reaktif} pembangkit ~~yang reaktif~~ dan tinggalkan dua yang lain yang tak ditentukan. $\delta_1 = 0$.
- (iii) Tetapkan $|V_1|$
- (iv) Carilah pemecahannya pada SLFE untuk $|V_2|, \delta_2, P_{G1}$, dan P_{G2} .

Kekurangannya adalah sesudah solusi itu, itu mungkin didapatkan bahwa $|V_2|$ lebih rendah atau lebih tinggi daripada yang dikehendaki.

Problemnya dapat disamaratakan untuk suatu sistem n-bus. Jika f adalah fungsi vektor, SLFE-nya dapat ditulis dalam bentuk padat sebagai berikut :

$$f_i(x, u, p) = 0 \text{ untuk } i = 1, 2, 3, 4, \dots, n \quad (4-9)$$

dimana, ada n-bus, ada variabel-variabel $2n$ dan bentuk-bentuk vektor dari SLFE akan menjadi vektor-vektor dimensional- $2n$.

$$f = \begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \\ \vdots \\ f_{2n} \end{bmatrix} \quad (4-10)$$

$$p = \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ \vdots \\ P_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_{D1} \\ Q_{D1} \\ P_{D2} \\ Q_{D2} \\ \vdots \\ P_{Dn} \\ Q_{Dn} \end{bmatrix} \quad (4-11)$$

$$x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \delta_1 \\ |V_1| \\ \delta_2 \\ |V_2| \\ \vdots \\ \delta_n \\ |V_n| \end{bmatrix} \quad \dots (4-12)$$

$$u = \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ \vdots \\ u_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_n \\ P_{G1} \\ Q_{G1} \\ P_{G2} \\ Q_{G2} \\ \vdots \\ P_{Gn} \\ Q_{Gn} \end{bmatrix} \quad \dots (4-13)$$

Pembatas-pembatas pada variabel-variabel statis adalah :

- (i) Tegangan pada sembarang bus seharusnya dalam batasan-batasan yang dapat ditolerir, katakan, 5% hingga 10% dari apapun yang telah ditentukan.

$$|V_i|_{\min} < |V_i| < |V_i|_{\max} \quad \text{untuk } i = 1, 2, \dots, n \quad \dots (4-14)$$

- (ii) Variabel statis δ_i harus memenuhi batasan-batasannya

$$|\delta_i - \delta_j| < (\delta_i - \delta_j)_{\max} \quad \dots (4-15)$$

daya
Sudut tenaga maksimal antara bus-i dan bus-j menjadi tetap.

Batasan-batasan pada variabel-variabel kendali adalah :

$$P_{Gi \min} < P_{Gi} < P_{Gi \max}$$

$$Q_{Gi \min} < Q_{Gi} < Q_{Gi \max} \quad \dots (4-16)$$

4.3.1 Klasifikasi Bus-bus di dalam System

Ketika mempertimbangkan suatu sistem yang besar yang mempunyai bus-n, bus-busnya diklasifikasikan menjadi 3 tipe :

- (i) Bus-PQ adalah satu dimana total ^{daya} tenaga yang ^{disalurkan} disuntikkan telah ditentukan, misalnya ^{daya} tenaga riil dan ^{daya} tenaga reaktif yang ^{disalurkan} disuntikkan ke dalam network yang terlempul beban PQ.
 \leftarrow P dan Q dibebani
 \leftarrow V dan δ total dibebani