

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Pustaka

Semakin pesatnya pertumbuhan suatu wilayah menuntut adanya jaminan ketersediaannya energi listrik serta perbaikan kualitas dari energi listrik, menuntut para cendekiawan untuk memikirkan cara pengoptimalan suatu jaringan yang dapat mendistribusikan energi listrik dengan lebih efisien dan baik. Berdasarkan paparan diatas maka beberapa refrensi dari penelitian-penelitian ini diharapkan dapat membantu penyelesaian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. “ *Pengaturan Slack Bus dalam mengoptimalkan Aliran Daya pada kasus IEEE 30 Bus menggunakan metode NEWTON-RAPHSON pada aplikasi MATLAB 7.0*“, penelitian ini bertujuan untuk menentukan *Slack Bus* serta besaran tegangan (*Volt Magnitude*) dengan rugi-rugi daya paling kecil dengan menggunakan metode *Newton-Raphson* pada sistem tenaga IEEE 30 bus pada aplikasi Matlab [1].
2. “ *Penentuan lokasi DG dan Kapasitor bank dengan rekonfigurasi jaringan untuk memperoleh rugi daya minimal pada sistem distribusi radial menggunakan algoritma Genetika*“, menjelaskan bahwasannya daya nyata paling optimal terhadap kondisi awal sistem distribusi radial 33-bus standart IEEE melalui penggabungan pemasangan DG dan kapasitor bank serta rekonfigurasi jaringan adalah sebesar 94,92% [2].
3. “ *Optimalisasi penempatan kapasitor menggunakan faktor kontribusi daya reaktif dari invers matriks jacobian tereduksi*“, penelitian ini menjelaskan bahwasannya metode *RCF (Reactive Contribution Factor)* ini memiliki efisiensi, langsung serta cepat dalam komputasi untuk mengatasi masalah kestabilan tegangan [3].

4. “*Optimasi penempatan pembangkit terdistribusi pada IEEE 30 bus system menggunakan algoritma genetika*”, menjelaskan bahwasannya berbagai kombinasi lokasi dan kapasitas pembangkit terdistribusi dengan menggunakan algoritma genetika berhasil menurunkan rugi-rugi daya secara signifikan [4].
5. “*Penempatan dan Penentuan Kapasitas Optimal Distributed Generator (DG) menggunakan Artificial Bee Colony (ABC)*“, menjelaskan bahwasannya *Distributed Generator (DG)* merupakan pembangkit berkapasitas kecil yang terletak pada sistem distribusi tenaga listrik dan biasanya ditempatkan pada bus-bus yang terhubung langsung pada beban [5].

2.2.Dasar Teori

2.2.1. Studi Aliran Daya

A.) Aliran Daya

Studi aliran beban atau *load flow study* sering kali juga disebut studi aliran daya adalah suatu studi yang mempelajari aliran daya pada suatu sistem kelistrikan dari suatu titik ke titik lain dan tegangan pada bus-bus yang berada pada sistem tersebut. Studi aliran beban merupakan penentuan atau perhitungan tegangan, arus, daya aktif, faktor daya dan daya reaktif yang terdapat pada berbagai titik dalam suatu jaringan sistem tenaga listrik pada keadaan pengoperasian normal, baik yang sedang berjalan maupun yang diharapkan akan terjadi di masa yang akan datang (*William D. Stevenson, Jr., 1994:6*). Studi analisis aliran beban dapat dihitung secara manual maupun menggunakan *software computer*.

Tujuan dari studi aliran daya, yaitu:

- a) Untuk mengetahui komponen jaringan sistem tenaga listrik pada umumnya.
- b) Mengetahui besarnya tegangan pada setiap bus (rel) dari suatu sistem tenaga listrik.
- c) Menghitung aliran-aliran daya, baik daya nyata maupun daya reaktif yang mengalir dalam setiap saluran.
- d) Kerugian-kerugian sistem yang optimal.
- e) Perbaikan dan pergantian ukuran konduktor dan tegangan sistem.

Dalam Studi Aliran Daya dikenal berbagai Bus, yaitu :

1. Bus referensi (*slack bus* atau *swing bus*)

Slack bus berfungsi untuk mencatu rugi-rugi dan kekurangan daya aktif dan reaktif pada jaringan. Karena itu *bus* yang biasa digunakan adalah *bus* yang berdaya besar, dimana tegangan dan sudut fasanya diketahui.

- a) Terhubung dengan generator.
- b) V dan sudut fasa dari generator diketahui dan tetap.
- c) P dan Q dihitung.

2. *Generator bus* (bus pembangkitan) atau (*P-V bus*)

Generator bus atau *Voltage Generator bus* berfungsi tidak hanya untuk pengontrol tegangan akan tetapi juga dapat menambah daya dalam sistem karena bus ini paling kurang terkoneksi dengan 1 buah generator.

- a) Terhubung dengan generator.
- b) P dan V dari generator diketahui dan tetap.
- c) Sudut fasa dan Q dari daya reaktif generator dihitung.

3. Bus pembebanan (*P-Q bus*)

Bus pembebanan atau yang biasa juga disebut sebagai *Load bus* adalah *bus* beban yang memiliki besaran nilai daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) yang diketahui. Pada *bus* ini tidak ada generator yang terkoneksi melainkan hanya terkoneksi dengan beban saja.

- a) Terhubung dengan beban.
- b) P dan Q dari beban diketahui dan tetap.
- c) V dan sudut fasa tegangan di hitung.

Besaran di setiap *bus* dalam studi aliran daya yaitu :

- a) Daya real atau daya aktif / P (watt)
- b) Daya reaktif / Q (var)
- c) Tegangan / V (volt)
- d) Sudut fasa tegangan

B.) Metode Newton -Raphson

Dalam analisis numerik, *metode Newton* (juga dikenal sebagai *metode Newton-Raphson*), yang mendapat nama dari *Isaac Newton* dan *Joseph Raphson*, merupakan metode yang paling dikenal untuk mencari

hampiran terhadap akar fungsi riil. Metode *Newton* secara umum lebih banyak digunakan dalam program-program aliran daya karena untuk mencapai titik konvergen hanya dibutuhkan waktu komputasi yang pendek, tidak terpengaruh oleh kondisi sistem yang tidak sehat dan jumlah iterasi tidak bergantung pada besarnya sistem. Oleh karena itu untuk solusi aliran daya pada sistem besar maka *Newton - Raphson* lebih efisien dan praktis.

Untuk mendapatkan persamaan tegangan di setiap titik pada suatu sistem maka satuan *MVA base* sistem dinyatakan dalam satuan per unit (p.u). Berdasarkan hukum kirchoff untuk mendapatkan nilai admitansi maka dapat dilakukan dengan mengkonversikan nilai impedansi kedalam nilai admitansi.

$$\left. \begin{aligned} Y_{11} \dot{V}_1 + Y_{12} \dot{V}_2 + \dots + Y_{1n} \dot{V}_n &= \dot{I}_1 \\ Y_{21} \dot{V}_1 + Y_{22} \dot{V}_2 + \dots + Y_{2n} \dot{V}_n &= \dot{I}_2 \\ &\dots \\ Y_{n1} \dot{V}_1 + Y_{n2} \dot{V}_2 + \dots + Y_{nn} \dot{V}_n &= \dot{I}_n \end{aligned} \right\} \quad (2.1)$$

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ \vdots \\ I_i \\ \vdots \\ I_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{11} & \dots & Y_{1i} & \dots & Y_{1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ Y_{i1} & \dots & Y_{ii} & \dots & Y_{in} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ Y_{n1} & \dots & Y_{ni} & \dots & Y_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ \vdots \\ V_i \\ \vdots \\ V_n \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

Dimana :

n : jumlah total *bus*

Y_{ii} : elemen diagonal matriks admitansi

Y_{ij} : elemen diluar diagonal matriks admitansi

V_i : tegangan pada *bus* i

I_i : arus yang mengalir kedalam jaringan pada *bus* i

Atau

$$I_{bus} = Y_{bus} * V_{bus} \quad (2.3)$$

Atau

$$\hat{I}_i = \frac{\hat{S}_i}{\hat{V}_i} = \frac{\hat{S}_{Gi} - \hat{S}_{Di}}{\hat{V}_i} = \frac{(P_{Gi} - P_{Di}) - j(Q_{Gi} - Q_{Di})}{\hat{V}_i} \quad (2.4)$$

Dimana :

1. Daya nyata injection vector (S)
2. Daya aktif Generator pada bus i (P_{Gi})
3. Daya aktif beban pada bus i (P_{Di})
4. Daya reaktif Generator pada bus i (Q_{Gi})
5. Daya reaktif beban pada bus i (Q_{Di})

Substitusi persamaan (2.1) sampai (2.4), maka hasilnya adalah

$$\frac{(P_{Gi} - P_{Di}) - j(Q_{Gi} - Q_{Di})}{\hat{V}_i} = Y_{i1}\hat{V}_1 + Y_{i2}\hat{V}_2 + \dots + Y_{in}\hat{V}_n, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2.5)$$

Didalam analisis aliran daya, nilai permintaan beban diketahui sebagai variabel.

$$P_i(V, \theta) = P_{Gi} - P_{Di} \quad (2.6)$$

$$Q_i(V, \theta) = Q_{Gi} - Q_{Di} \quad (2.7)$$

Bentuk umum persamaan aliran daya dari substitusi persamaan (2.5) adalah

$$\frac{P_i - jQ_i}{\hat{V}_i} = \sum_{j=1}^n Y_{ij}\hat{V}_j, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2.8)$$

Atau

$$P_i + jQ_i = \hat{V}_i \sum_{j=1}^n \hat{Y}_{ij}\hat{V}_j, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2.9)$$

Jika tegangan pada bus dalam persamaan (2.9) dinyatakan dalam bentuk polar, maka tegangan kompleks, daya reaktif dan aktif dapat ditulis sebagai :

$$V_i = V_i(\cos \theta_i + j \sin \theta_i) \quad (2.10)$$

$$P_i = V_i \sum_{j=1}^N V_j(G_{ij} \cos \theta_{ij} + B_{ij} \sin \theta_{ij}) \quad (2.11)$$

$$Q_i = V_i \sum_{j=1}^N V_j (G_{ij} \sin \theta_{ij} - B_{ij} \cos \theta_{ij}) \quad (2.12)$$

$$V_i \min \leq V_i \leq V_i \max \quad (2.13)$$

$$P_{gi} \min \leq P_{gi}(V, \theta) \leq P_{gi} \max \quad (2.14)$$

$$Q_{gi} \min \leq Q_{gi}(V, \theta) \leq Q_{gi} \max \quad (2.15)$$

Dimana $\theta_{ij} = \theta_i - \theta_j$, yang merupakan perbedaan sudut antara bus i dan bus j . Dan untuk setiap bus PV atau PQ, persamaan untuk mismatch aliran dayanya adalah:

Persamaan daya aktif

$$\Delta P_i = P_{is} - P_i = P_{is} - V_i \sum_{j=1}^n V_j (G_{ij} \cos \theta_{ij} + B_{ij} \sin \theta_{ij}) = 0 \quad (2.16)$$

Persamaan daya reaktif

$$\Delta Q_{is} = Q_{is} - Q_i = Q_{is} - V_i \sum_{j=1}^n V_j (G_{ij} \sin \theta_{ij} - B_{ij} \cos \theta_{ij}) = 0 \quad (2.17)$$

Dimana, P_{is} adalah nilai injeksi daya aktif bus dan Q_{is} adalah nilai injeksi daya reaktif bus. Persamaan (2.16) dan (2.17) ini kemudian dikembangkan menjadi deret Taylor seperti persamaan berikut :

$$\begin{bmatrix} \Delta P_2^{(k)} \\ \vdots \\ \Delta P_n^{(k)} \\ \Delta Q_2^{(k)} \\ \vdots \\ \Delta Q_n^{(k)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial P_2^{(k)}}{\partial \delta_2} & \dots & \frac{\partial P_2^{(k)}}{\partial \delta_n} & \frac{\partial P_2^{(k)}}{\partial |V_2|} & \dots & \frac{\partial P_2^{(k)}}{\partial |V_n|} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial P_n^{(k)}}{\partial \delta_2} & \dots & \frac{\partial P_n^{(k)}}{\partial \delta_n} & \frac{\partial P_n^{(k)}}{\partial |V_2|} & \dots & \frac{\partial P_n^{(k)}}{\partial |V_n|} \\ \frac{\partial Q_2^{(k)}}{\partial \delta_2} & \dots & \frac{\partial Q_2^{(k)}}{\partial \delta_n} & \frac{\partial Q_2^{(k)}}{\partial |V_2|} & \dots & \frac{\partial Q_2^{(k)}}{\partial |V_n|} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial Q_n^{(k)}}{\partial \delta_2} & \dots & \frac{\partial Q_n^{(k)}}{\partial \delta_n} & \frac{\partial Q_n^{(k)}}{\partial |V_2|} & \dots & \frac{\partial Q_n^{(k)}}{\partial |V_n|} \end{bmatrix} \quad (2.18)$$

Dalam hal ini bus 1 diumpamakan sebagai *slack bus*. Matriks Jacobian memberikan perbandingan linear antara perubahan pada sudut tegangan $\Delta \theta_i^{(k)}$ dan besarnya tegangan $\Delta |V_i^{(k)}|$ dengan sedikit perubahan pada daya aktif ($\Delta P_i^{(k)}$) dan daya reaktif ($\Delta Q_i^{(k)}$). Dalam bentuk singkat dapat ditulis sebagai :

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = -J \begin{bmatrix} \Delta \theta \\ \Delta V/V \end{bmatrix} \quad (2.19)$$

Atau

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} H & N \\ K & L \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \theta \\ V_D^{-1} \Delta V \end{bmatrix} \quad (2.20)$$

Dimana

$$\Delta P = \begin{bmatrix} \Delta P_1 \\ \Delta P_2 \\ \vdots \\ \Delta P_{n-1} \end{bmatrix} \quad (2.21)$$

$$\Delta Q = \begin{bmatrix} \Delta Q_1 \\ \Delta Q_2 \\ \vdots \\ \Delta Q_m \end{bmatrix} \quad (2.22)$$

$$\Delta \theta = \begin{bmatrix} \Delta \theta_1 \\ \Delta \theta_2 \\ \vdots \\ \Delta \theta_{n-1} \end{bmatrix} \quad (2.23)$$

$$\Delta V = \begin{bmatrix} \Delta V_1 \\ \Delta V_2 \\ \vdots \\ \Delta V_m \end{bmatrix} \quad (2.24)$$

$$V_D = \begin{bmatrix} V_1 & & & \\ & V_2 & & \\ & & \ddots & \\ & & & V_m \end{bmatrix} \quad (2.25)$$

H (Jacobian 1 / J1) adalah matriks dari $(n-1) \times (n-1)$, N (Jacobian 2 / J2) adalah matriks dari $(n-1) \times m$, K (Jacobian 3 / J3) adalah matriks dari $m \times (n-1)$, dan L (Jacobian 4 / J4) adalah matriks dari $m \times m$.

Jika $i \neq j$, maka element Jacobian matriksnya adalah:

$$\mathbf{H}_{ij} = \frac{\partial \Delta P_i}{\partial \theta_i} = -V_i V_j (G_{ij} \sin \theta_{ij} - B_{ij} \cos \theta_{ij}) \quad (2.26)$$

$$\mathbf{N}_{ij} = V_j \frac{\partial \Delta P_i}{\partial V_j} = -V_i V_j (G_{ij} \cos \theta_{ij} - B_{ij} \sin \theta_{ij}) \quad (2.27)$$

$$\mathbf{K}_{ij} = \frac{\partial \Delta Q_i}{\partial \theta_i} = V_i V_j (G_{ij} \cos \theta_{ij} - B_{ij} \sin \theta_{ij}) \quad (2.28)$$

$$\mathbf{L}_{ij} = V_j \frac{\partial \Delta Q_i}{\partial V_i} = -V_i V_j (G_{ij} \sin \theta_{ij} - B_{ij} \cos \theta_{ij}) \quad (2.29)$$

Jika $i = j$, maka element Jacobian matriksnya adalah:

$$\mathbf{H}_{ii} = V_i^2 B_{ii} + Q_i \quad (2.30)$$

$$\mathbf{N}_{ii} = -V_i^2 G_{ii} - P_i \quad (2.31)$$

$$\mathbf{K}_{ii} = V_i^2 G_{ii} - P_i \quad (2.32)$$

$$\mathbf{L}_{ii} = V_i^2 B_{ii} - Q_i \quad (2.33)$$

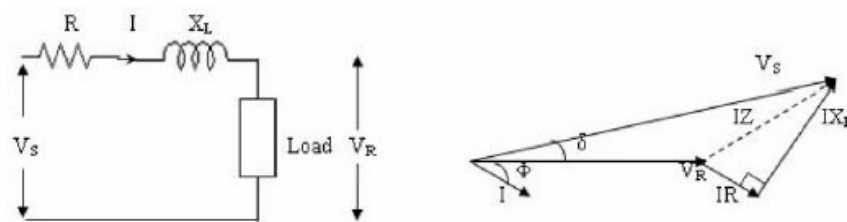
2.2.2. Kompensasi Saluran Transmisi

A.) Kapasitor

Kapasitor merupakan salah satu alat kompensasi yang relatif murah dan tidak kompleks dibandingkan dengan SVC (*Static Var Compensator*) ataupun UPFC (*Unified Power Flow Controller*). Kompensasi yang terdiri dari suatu "bank" kapasitor yang dihubungkan secara seri terhadap masing-masing fasa pada saluran dapat memperkecil impedansi seri dari saluran tersebut. Impedansi merupakan salah satu faktor penyebab utama

tegangan jatuh (Drop Voltage) dan merupakan faktor terpenting dalam penentuan daya maksimum yang dapat dikirimkan oleh suatu jaringan.

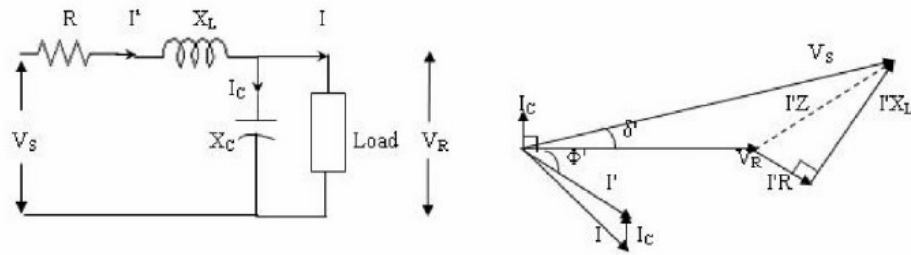
Untuk mengatasi peningkatan daya reaktif pada *bus*, maka pada *bus* tersebut dapat diinjeksikan kapasitor *shunt* (dalam susunan parallel) untuk mengatasi beban *lagging*. Kapasitor ini tersusun dalam jumlah yang banyak (capasitor bank) yang dapat menyuplai sebagian ataupun secara penuh beban reaktif sehingga dapat mengurangi arus untuk menyuplai beban. Tegangan jatuh antara pengirim (*sending end*) dan beban dapat berkurang, sedangkan faktor daya dan daya aktif akan meningkat dari sisi pengirim.



Gambar 2.1. Single-line diagram dari sistem transmisi tanpa kompensasi dan diagram fasornya

Tegangan jatuh di transmisi dengan faktor daya yang *lagging* :

$$VD = I_R R + I_X X_L V \quad (2.34)$$



Gambar 2.2. single-line diagram dari sistem transmisi yang dikompensasi dengan kapasitor shunt dan diagram fasornya

Tegangan jatuh dapat dihitung dengan :

$$VD = I_R R + I_X X_L - I_C X_L V \quad (2.35)$$

Perbedaan antara tegangan jatuh adalah kenaikan tegangan sehubungan dengan instalasi dari kapasitor dan dapat dinyatakan dengan

$$VR = I_C X_L V$$

B.) Reactive Contribution Factor (RCF)

Reactive Contribution Factor atau yang lebih sering disebut sebagai metode RCF adalah sebuah metode baru untuk menentukan *bus-bus* yang sesuai dengan injeksi daya reaktif. *Bus-bus* ini dipilih dengan mempertimbangkan faktor kontribusi terbesar dalam suatu sistem, sehingga diperoleh titik-titik yang tepat untuk memberikan injeksi daya reaktif kedalam sistem. Persamaan yang menggambarkan kontribusi daya reaktif dalam sistem adalah sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} \Delta V_1 \\ \Delta V_2 \\ \vdots \\ \Delta V_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \wp_{11} & \wp_{12} & \cdots & \wp_{1n} \\ \wp_{21} & \wp_{22} & \cdots & \wp_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \wp_{m1} & \wp_{m2} & \cdots & \wp_{mn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta Q_1 \\ \Delta Q_2 \\ \vdots \\ \Delta Q_m \end{bmatrix}$$

$$J_R^{-1} = \begin{bmatrix} \wp_{11} & \wp_{12} & \cdots & \wp_{1n} \\ \wp_{21} & \wp_{22} & \cdots & \wp_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \wp_{m1} & \wp_{m2} & \cdots & \wp_{mn} \end{bmatrix} \quad (2.35)$$

Dimana :

ΔV = Perubahan Tegangan

ΔQ = Perubahan daya reaktif

\wp = Faktor kontribusi daya reaktif

Setiap perubahan titik ΔV_1 dipengaruhi oleh perkalian dari ΔQ_1 dan faktor kontribusi \wp_{11} . Q_1 merupakan variabel injeksi daya reaktif yang dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kestabilan tegangan pada titik yang berhubungan dengan V_1 dan sekitarnya.

Untuk memilih *bus* yang paling tepat diantara beberapa *bus* yang lemah maka invers matriks jacobian ini dijumlahkan dengan memasukkan titik-titik *bus* yang lemah.

$$\begin{array}{cccc} \wp_{11} & \wp_{12} & \cdots & \wp_{1n} \\ \wp_{21} & \wp_{22} & \cdots & \wp_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \wp_{m1} & \wp_{m2} & \cdots & \wp_{mn} \\ \hline RCF_1 & RCF_2 & \cdots & RCF_n \end{array} +$$

(2.36)

Dimana :

RCF = Reactive Contribution Factor

RCF ini merupakan faktor yang berkontribusi terhadap perubahan tegangan pada sistem.

C.) Distributed Generator (DG)

Distributed Generator atau yang lebih sering disebut sebagai DG adalah sebuah pendekatan yang menggunakan teknologi skala kecil untuk membantu menyuplai kedalam sebuah sistem jaringan listrik.

Distributed Generator juga sering disebut sebagai sebuah pembangkit listrik skala kecil. Saat ini, belum ada kesepakatan yg dibuat untuk mendefinisikan *Distributed Generator* secara pasti.

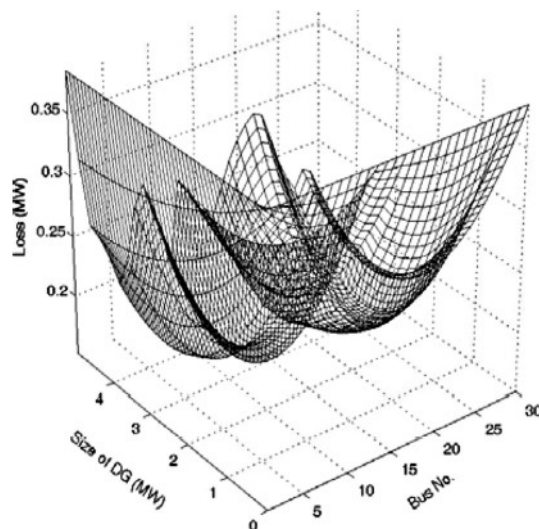
Institute of Electrical and electronics engineers (IEEE), mendefinisikan bahwasannya *Distributed Generation* adalah sebuah pembangkit energi listrik yang dilakukan oleh peralatan yang lebih kecil dari pembangkit listrik pusat sehingga dimungkinkan terjadinya interkoneksi di hampir semua titik pada sistem tenaga listrik. Sedangkan *International Council on large Electricity System (CIGRE)* mendefinisikan bahwasannya *Distributed Generation* sebagai setiap unit pembangkit dengan kapasitas maksimum 50MW sampai 100MW.

Distributed Generator (DG) dapat diklasifikasikan menjadi 4 jenis berdasarkan kemampuan menyalurkan daya sebagai berikut:

- 1.) DG yang hanya mampu menginjeksikan P (daya aktif).
Contoh : Pembangkit listrik tenaga surya, dan air.
- 2.) DG yang hanya mampu menginjeksikan Q (daya reaktif).
Contoh : Pembangkit listrik tenaga gas.
- 3.) DG yang mampu menginjeksikan P dan Q (daya aktif dan reaktif).
Contoh : pembangkit yang menggunakan mesin sinkron.
- 4.) DG yang dapat menginjeksikan P tetapi digunakan oleh Q.
Contoh : Pembangkit listrik tenaga angin.

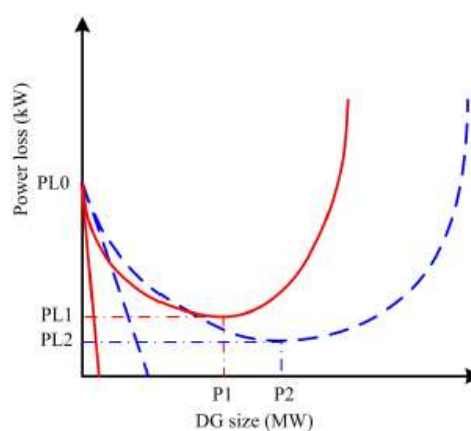
D.) Loss Sensitivity Factor (LSF)

Pengoptimalan penempatan dan pemilihan besaran DG memiliki pengaruh terhadap meminimalkan nilai losses yang akan didapatkan dalam suatu sistem.



Gambar 2.3. Pengaruh penambahan *DG* terhadap losses dalam sistem tenaga listrik

Loss Sensitivity Factor atau yang lebih dikenal sebagai metode LSF adalah sebuah metode yang didasarkan oleh prinsip linierisasi dari penyelesaian persamaan nonlinier. Metode ini mengevaluasi losses pada setiap *bus* dari sistem. *Bus-bus* ini dipilih dengan mempertimbangkan losses terbesar dalam suatu sistem, sehingga diperoleh titik-titik yang tepat untuk lokasi penambahan DG kedalam sistem.



Gambar 2.4. Kurva losses nonlinier

Untuk setiap *bus* yang diprioritaskan, banyaknya unit DG ditempatkan dan memiliki ukuran yang bervariasi dari minimum ke nilai yang lebih tinggi sampai hilangnya sistem minimum yang telah ditentukan untuk setiap unit DG.

2.2.3. MATLAB

MATLAB (matemathics laboratory atau matrix laboratory) adalah sebuah program untuk analisis dan komputasi numerik, merupakan suatu bahasa pemrograman matematika lanjutan yang dibentuk dengan dasar pemikiran menggunakan sifat dan bentuk matriks. Dalam ilmu komputer,

MATLAB didefinisikan sebagai bahasa pemrograman yang digunakan untuk mengerjakan operasi matematika atau operasi aljabar matrix.

MATLAB yang merupakan bahasa pemrograman tingkat berbasis pada matrix sering digunakan untuk teknik komputasi numerik, digunakan untuk menyelesaikan masalah – masalah yang melibatkan operasi matematika elemen, matriks, optimasi, aproksimasi, dan lain – lain.

MATLAB banyak digunakan untuk :

- a. Matematika dan komputasi
- b. Pengembangan dan algoritma
- c. Pemrograman modeling, simulasi, dan pembuatan prototipe.
- d. Analisa data, eksplorasi , dan visualisasi.
- e. Analisa numerik dan statistik
- f. Pengembangan aplikasi teknik.