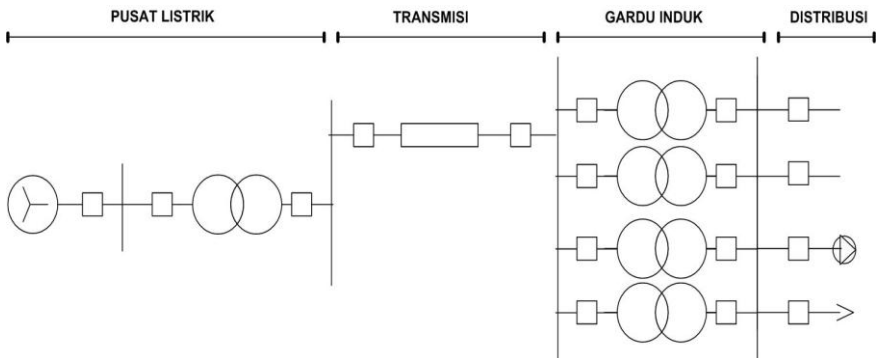


## BAB II

### DASAR TEORI

#### 2.1 Pengertian Sistem Tenaga Listrik

Sistem Tenaga Listrik merupakan sekumpulan pusat listrik dan pusat beban yang satu sama lain dihubungkan oleh jaringan transmisi dan distribusi sehingga merupakan sebuah kesatuan interkoneksi. Energi listrik dibangkitkan oleh pusat-pusat listrik seperti PLTA, PLTU, PLTG, PLTGU, PLTP dan PLTP. Kemudian energi listrik disalurkan melalui saluran transmisi dan didistribusikan ke beban-beban melalui saluran distribusi.



Gambar 2.1 Sistem tenaga listrik sederhana

Pada sistem yang besar, tegangan keluaran generator dinaikkan menjadi tegangan transmisi yaitu berupa tegangan tinggi (TT) ataupun tegangan ekstra tinggi (TET) untuk memperkecil rugi-rugi daya yang terjadi dengan menggunakan transformator *step up*. Setelah energi listrik disalurkan melalui saluran transmisi maka sampailah energi listrik ke Gardu Induk (GI) untuk diturunkan tegangannya menjadi tegangan menengah (TM) menggunakan transformator *step down*.

Keluar dari GI, maka energi listrik akan disalurkan melalui jaringan distribusi primer pada level tegangan menengah, kemudian kembali diturunkan tegangannya pada gardu distribusi menjadi tegangan rendah dan akhirnya disalurkan melalui jaringan distribusi sekunder kepada konsumen.

## **2.2 Pengertian Sistem Distribusi**

Sistem Distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (Bulk Power Source) sampai ke konsumen, Secara umum yang termasuk ke dalam sistem distribusi antara lain :

## 1. Gardu Induk ( GI )

Pada bagian ini jika sistem pendistribusian tenaga listrik dilakukan secara langsung, maka bagian pertama dari sistem distribusi tenaga listrik adalah Pusat Pembangkit Tenaga Listrik dan umumnya terletak di pinggiran kota. Untuk menyalurkan tenaga listrik ke pusat - pusat beban (konsumen) dilakukan dengan jaringan distribusi primer dan jaringan distribusi sekunder. Jika sistem pendistribusian tenaga listrik dilakukan secara tak langsung, maka bagian pertama dari sistem pendistribusian tenaga listrik adalah Gardu Induk yang berfungsi menurunkan tegangan dari jaringan transmisi dan menyalurkan tenaga listrik melalui jaringan distribusi primer.

## 2 Jaringan Distribusi Primer

Jaringan distribusi primer merupakan awal penyaluran tenaga listrik dari Gardu Induk (GI) ke konsumen untuk sistem pendistribusian langsung. Sedangkan untuk sistem pendistribusian tak langsung merupakan tahap berikutnya dari jaringan transmisi dalam upaya menyalurkan tenaga listrik ke konsumen. Standar tegangan menengah di Indonesia adalah 20 kV (Abdul Kadir 2006 : 149). Untuk wilayah kota,

tegangan diatas 20kV tidak diperkenankan, mengingat pada tegangan 20 kV akan terjadi gejala-gejala korona yang dapat mengganggu frekuensi radio, televisi, telekomunikasi dan telepon.

Sifat pelayanan sistem distribusi sangat luas dan kompleks, karena konsumen yang harus dilayani mempunyai lokasi dan karakteristik yang berbeda. Sistem distribusi harus dapat melayani konsumen yang terkonsentrasi di kota, pinggiran kota dan konsumen di daerah terpencil. Sedangkan dari karakteristiknya, terdapat konsumen perumahan dan konsumen dunia industri. Sistem konstruksi saluran distribusi terdiri dari saluran udara dan saluran bawah tanah. Pemilihan konstruksi tersebut didasarkan pada pertimbangan yaitu alasan teknis berupa persyaratan teknis, alasan ekonomis, alasan estetika dan alasan pelayanan yaitu kontinuitas pelayanan sesuai jenis konsumen. Pada jaringan distribusi primer terdapat 4 jenis sistem konfigurasi jaringan yaitu :

- a. Sistem *Radial* Sistem Hantaran Penghubung ( *Tie Line* )
- b. Sistem *Loop*
- c. Sistem Spindel

### 3. Gardu Distribusi ( Transformator Distribusi )

Gardu distribusi ( Trafo distribusi ) berfungsi merubah tegangan listrik dari jaringan distribusi primer menjadi tegangan terpakai yang digunakan untuk konsumen dan disebut sebagai jaringan distribusi sekunder.

Kapasitas transformator yang digunakan pada transformator distribusi ini tergantung pada jumlah beban yang akan dilayani dan luas daerah pelayanan beban. Gardu distribusi ( trafo distribusi ) dapat berupa transformator satu fasa dan juga berupa transformator tiga fasa.

### 4. Jaringan Distribusi Sekunder

Jaringan distribusi sekunder atau jaringan distribusi tegangan rendah merupakan jaringan tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan konsumen. Oleh karena itu besarnya tegangan untuk jaringan distribusi sekunder ini adalah 220 V untuk satu fasa dan 380 untuk 3 fasa.

Adapun fungsi distribusi tenaga listrik adalah:

- 1) pembagian atau penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat (pelanggan).

2) Merupakan sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan, karena catu daya pada pusat-pusat beban (pelanggan) dilayani langsung melalui jaringan distribusi.

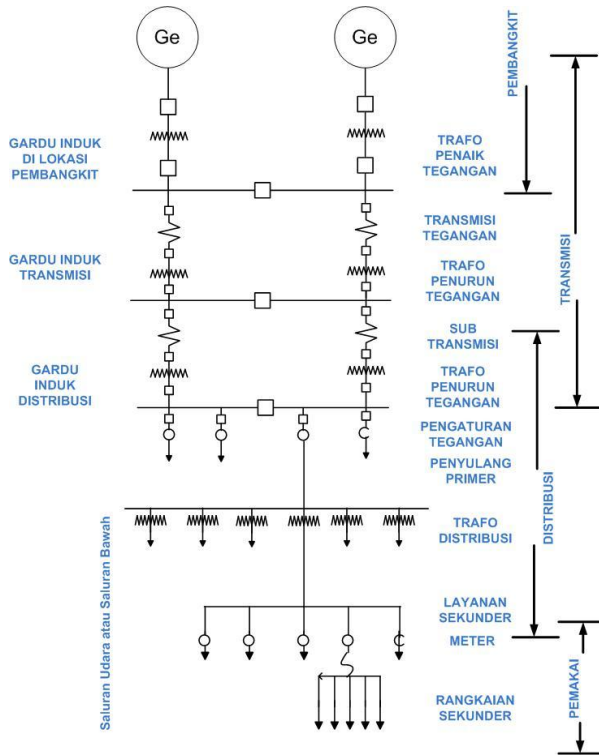
Tenaga listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik besar dengan tegangan dari 11 kV sampai 24 kV dinaikkan tegangannya oleh gardu induk dengan transformator penaik tegangan menjadi 70 kV, 154kV, 220kV atau 500kV kemudian disalurkan melalui saluran transmisi. Tujuan menaikkan tegangan ialah untuk memperkecil kerugian daya listrik pada saluran transmisi, dimana dalam hal ini kerugian daya adalah sebanding dengan kuadrat arus yang mengalir ( $I^2 R$ ). Dengan daya yang sama bila nilai tegangannya diperbesar, maka arus yang mengalir semakin kecil sehingga kerugian daya juga akan kecil pula.

Dari saluran transmisi, tegangan diturunkan lagi menjadi 20 kV dengan transformator penurun tegangan pada gardu induk distribusi, kemudian dengan sistem tegangan tersebut penyaluran tenaga listrik dilakukan oleh saluran distribusi primer. Dari saluran distribusi primer inilah gardu-gardu distribusi mengambil tegangan untuk diturunkan tegangannya

dengan trafo distribusi menjadi sistem tegangan rendah, yaitu 220/380 Volt. Selanjutnya disalurkan oleh saluran distribusi sekunder ke konsumen-konsumen. Dengan ini jelas bahwa sistem distribusimerupakan bagian yang penting dalam sistem tenaga listrik secara keseluruhan.

Pada sistem penyaluran daya jarak jauh, selalu digunakan tegangan setinggi mungkin, dengan menggunakan trafo-trafo step-up. Nilai tegangan yang sangat tinggi ini (HV,UHV,EHV) menimbulkan beberapa konsekuensi antara lain: berbahaya bagi lingkungan dan mahalnya harga perlengkapan-perlengkapannya, selain menjadi tidak cocok dengan nilai tegangan yang dibutuhkan pada sisi beban. Maka,pada daerah-daerah pusat beban tegangan saluran yang tinggi ini diturunkan kembali dengan menggunakan trafo-trafo step-down. Akibatnya, bila ditinjau nilai tegangannya, maka mulai dari titik sumber hingga di titik beban, terdapat bagian-bagian saluran yang memiliki nilai tegangan berbeda-beda.

## Pengelompokan Jaringan Distribusi Tenaga Listrik



Gambar 2.2 Konfigurasi Sistem Tenaga Listrik

Untuk kemudahan dan penyederhanaan, lalu diadakan pembagian serta pembatasan-pembatasan seperti pada Gambar diatas:



- Daerah I : Bagian pembangkitan (Generation)
- Daerah II : Bagian penyaluran (Transmission),  
bertegangan tinggi (HV,UHV,EHV)
- Daerah III :Bagian Distribusi Primer,  
bertegangan menengah (6 atau 20kV).
- Daerah IV : (Di dalam bangunan pada beban/konsumen), Instalasi,  
bertegangan rendah.

Berdasarkan pembatasan-pembatasan tersebut, maka diketahui bahwa porsi materi Sistem Distribusi adalah Daerah III dan IV, yang pada dasarnya dapat dikelasifikasikan menurut beberapa cara, bergantung dari segi apa klasifikasi itu dibuat. Dengan demikian ruang lingkup Jaringan Distribusi adalah:

- a. SUTM, terdiri dari : Tiang dan peralatan kelengkapannya, konduktor dan peralatan perlengkapannya, serta peralatan pengaman dan pemutus.
- b. SKTM, terdiri dari : Kabel tanah, indoor dan outdoor termination dan lain-lain.
- c. Gardu trafo, terdiri dari : Transformator, tiang, pondasi tiang, rangka tempat trafo, LV panel, pipa-

pipa pelindung, Arrester, kabel-kabel, transformer band, peralatan grounding, dan lain-lain.

- d. SUTR dan SKTR, terdiri dari: sama dengan perlengkapan/material pada SUTM dan SKTM. Yang membedakan hanya dimensinya.

### **2.3** Klasifikasi Saluran Distribusi Tenaga Listrik

Secara umum, saluran tenaga Listrik atau saluran distribusi dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

#### **1.** Menurut nilai tegangannya:

- a. Saluran distribusi Primer, Terletak pada sisi primer trafo distribusi, yaitu antara titik Sekunder trafo substation (Gardu Induk) dengan titik primer trafo distribusi. Saluran ini bertegangan menengah 20 kV. Jaringan listrik 70 kV atau 150 kV, jika langsung melayani pelanggan, bisa disebut jaringan distribusi.
- b. Saluran Distribusi Sekunder, Terletak pada sisi sekunder trafo distribusi, yaitu antara titik sekunder dengan titik cabang menuju beban (Lihat Gambar 2).

#### **2.** Menurut bentuk tegangannya:

- a. Saluran Distribusi DC (Direct Current) menggunakan sistem tegangan searah.

- b. Saluran Distribusi AC (Alternating Current) menggunakan sistem tegangan bolak-balik.
3. Menurut jenis/tipe konduktornya:
- a. Saluran udara, dipasang pada udara terbuka dengan bantuan penyangga (tiang) dan perlengkapannya, dan dibedakan atas:
    - i. Saluran kawat udara, bila konduktornya telanjang, tanpa isolasi pembungkus.
    - ii. Saluran kabel udara, bila konduktornya terbungkus isolasi.
  - b. Saluran Bawah Tanah, dipasang di dalam tanah, dengan menggunakan kabel tanah (ground cable).
  - c. Saluran Bawah Laut, dipasang di dasar laut dengan menggunakan kabel laut(submarine cable).
4. Menurut susunan (konfigurasi) salurannya:
- a. Saluran Konfigurasi horizontal, bila saluran fasa terhadap fasa yang lain/terhadap netral, atau saluran positif terhadap negatif (pada sistem DC) membentuk garis horisontal.
  - b. Saluran Konfigurasi Vertikal, bila saluran-saluran tersebut membentuk garis vertikal.
  - c. Saluran konfigurasi Delta, bila kedudukan saluran satu sama lain membentuk suatu segitiga (delta).

## 5. Menurut Susunan Rangkaiannya

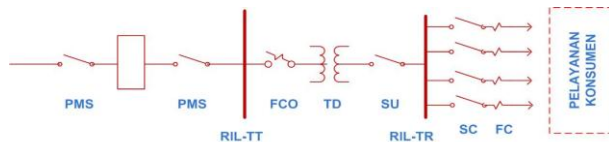
Dari uraian diatas telah disinggung bahwa sistem distribusi di bedakan menjadi dua yaitu sistem distribusi primer dan sistem distribusi sekunder.

- a. Jaringan Sistem Distribusi Primer, Sistem distribusi primer digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu induk distribusi ke pusat-pusat beban. Sistem ini dapat menggunakan saluran udara, kabel udara, maupunkabel tanah sesuai dengan tingkat keandalan yang diinginkan dan kondisi serta situasi lingkungan. Saluran distribusi ini direntangkan sepanjang daerah yang akan di suplai tenaga listrik sampai ke pusat beban.

Terdapat bermacam-macam bentuk rangkaian jaringan distribusi primer, yaitu:

- i. Jaringan Distribusi Radial, dengan model: Radial tipe pohon, Radial dengan tie dan switch pemisah, Radial dengan pusat beban dan Radial dengan pembagian phase area.
- ii. Jaringan distribusi ring (loop), dengan model: Bentuk open loop dan bentuk Close loop.
- iii. Jaringan distribusi Jaring-jaring (NET)
- iv. Jaringan distribusi spindle
- v. Saluran Radial Interkoneksi

- b. Jaringan Sistem Distribusi Sekunder, Sistem distribusi sekunder digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu distribusi ke beban-beban yang ada di konsumen. Pada sistem distribusi sekunder bentuk saluran yang paling banyak digunakan ialah sistem radial. Sistem ini dapat menggunakan kabel yang berisolasi maupun konduktor tanpa isolasi. Sistem ini biasanya disebut sistem tegangan rendah yang langsung akan dihubungkan kepada konsumen/pemakai tenaga listrik dengan melalui peralatan-peralatan sbb:
- i. Papan pembagi pada trafo distribusi,
  - ii. Hantaran tegangan rendah (saluran distribusi sekunder).
  - iii. Saluran Layanan Pelanggan (SLP) (ke konsumen/pemakai)
  - iv. Alat Pembatas dan pengukur daya (kWh meter) serta fuse atau pengaman pada pelanggan.



Keterangan :

PMS = Pemisah

PMT = Pemutus

FCO = Fuse Cut Out

TD = Trafo Distribusi

SU = Saklar Utama

SC = Saklar Cabang

FC = Fuse Cabang

Gambar 2.3 Komponen Sistem Distribusi

## 2.4 Analisis Aliran Daya

### A. Definisi Analisis Aliran Daya

Daya listrik akan selalu menuju ke beban, sehingga disebut aliran daya atau aliran beban. Studi aliran daya (*load flow*) digunakan untuk menentukan tegangan, arus, daya aktif atau daya reaktif di berbagai macam titik/bus pada jaringan listrik dalam kondisi operasi normal (Stevenson, 1990). Selain dipergunakan untuk perencanaan pengembangan sistem listrik pada masa mendatang, juga dapat digunakan untuk mengevaluasi kondisi sistem kelistrikan yang sudah ada.

Analisis aliran daya merupakan penentuan atau perhitungan tegangan, arus, daya aktif, daya reaktif, faktor daya yang terdapat pada setiap simpul atau bus suatu sistem tenaga listrik. Perhitungan tersebut dilakukan pada kondisi normal, baik yang sedang berjalan saat ini maupun yang diharapkan akan berkembang di masa mendatang. Dengan analisis aliran daya listrik dapat diketahui efek-efek interkoneksi dengan sistem tenaga lain, beban yang baru, sistem pembangkit yang baru, dan saluran yang baru Tujuan studi aliran daya untuk mengetahui besar vektor tegangan pada tiap bus dan besar aliran daya pada tiap cabang suatu jaringan untuk suatu kondisi beban

tertentu dalam kondisi normal. Hasil perhitungan dapat digunakan untuk menelaah berbagai persoalan yang berhubungan dengan jaringan tersebut, yaitu meliputi hal-hal yang berhubungan dengan operasi jaringan yaitu: (Saadat, 1999).

- a. Pengaturan tegangan (*voltage regulation*), perbaikan faktor daya (*power factor*) jaringan, kapasitas kawat penghantar, termasuk rugi- rugi daya.
  - b. Perluasan atau pengembangan jaringan, yaitu menentukan lokasi yang tepat untuk penambahan bus beban baru dan unit pembangkitan atau gardu induk baru.
  - c. Perencanaan jaringan, yaitu kondisi jaringan yang diinginkan pada masa mendatang untuk melayani pertumbuhan beban karena kenaikan terhadap kebutuhan tenaga listrik.
- , (Prabowo, 2007 dalam Dhimas, 2014 :16)

Menurut Saadat (1999), dalam analisis aliran daya terdapat empat buah besaran pada masing-masing bus jaringan yang ditinjau dan memegang peranan yaitu:

- a. Daya aktif  $P$  (*active power*) dengan satuan megawatt (MW).

- b. Daya reaktif  $Q$  (*reactive power*) dengan satuan (MVAR)
- c. Besar tegangan  $|V|$  (*magnitude*) dengan satuan kilovolt (kV)
- d. Sudut fase tegangan  $\theta$  (*angle*) dengan satuan radian

Dua di antara empat besaran yang terdapat pada tiap bus tersebut sudah diketahui, sedangkan dua besaran lainnya merupakan yang akan dihitung melalui proses iterasi. (Kundur, 1993)

Untuk melakukan perhitungan aliran daya, diperlukan data-data untuk menganalisisnya. Referensi data yang diperlukan antara lain (Prabowo, 2007 dalam Dhimas, 2014 : 16) :

1. Data Saluran

Data yang diperoleh dari diagram segaris (single line diagram).

2. Data Bus

Data bus yang diperlukan adalah besaran daya, tegangan, daya aktif dan daya reaktif.

3. Data Spesifikasi

Data yang didapat dari rating-rating setiap komponen, type komponen, merk komponen, frekuensi, dan data asli dari setiap komponen.



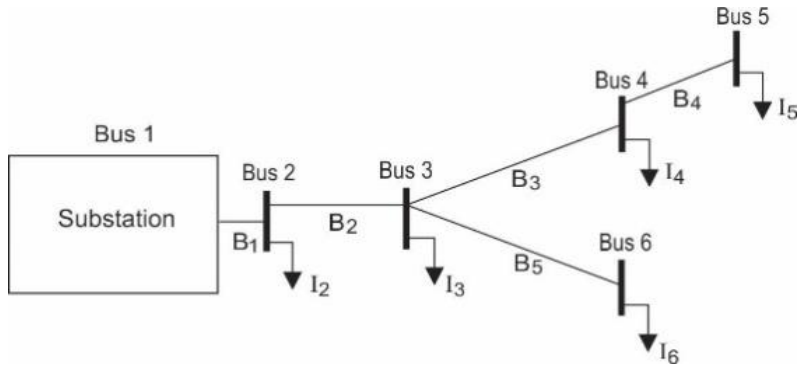
Pada umumnya, perhitungan aliran daya diasumsikan sistem dalam keadaan seimbang. Data dan informasi yang didapatkan berguna dalam merencanakan perluasan sistem tenaga listrik dan dalam menentukan operasi terbaik untuk sistem jaringan kelistrikan

Studi aliran daya secara umum disebut sebagai *loadflow* yang merupakan inti dari analisis, perencanaan sebuah sistem tenaga listrik dan dibutuhkan untuk pengembangan dan operasisistem tenaga listrik, serta penjadwalan pembangkit. Dan analisis aliran daya juga diperlukan pada analisis kestabilan transien dan studi *contingency*. Pada studi analisis aliran daya terdapat beberapa metode seperti Gauss-Seidel, Newton Raphson, Fast Decouple dan metode lainnya [5]. Pada penelitian ini digunakan studi aliran daya *Topology Network*.

#### B. Analisis Aliran Daya *Topology Network*

Analisis aliran daya listrik mempunyai berbagai macam metode dalam menganalisis sebuah sistem tenaga listrik. *Topology network* merupakan salah satu metode analisis aliran daya listrik yang dalam penyelesaiannya menggunakan pemodelan bentuk topologi jaringan menjadi bentuk persamaan matematika, yang selanjutnya dihitung dan diiterasi sehingga diperoleh nilai arus, tegangan, rugi –

rugi daya dan total daya pembangkitan yang diperlukan oleh sistem. Analisis aliran daya *topology network* sangat cocok diterapkan pada sistem tenaga dengan topologi jaringan radial [6]. Berikut diberikan contoh sistem radial yang ditunjukkan pada Gambar 2.2 dibawah ini.



Gambar 2. 4 Contoh *single line diagram radial*[6]

Tahap awal yang dilakukan adalah menghitung besar arus yang mengalir pada saluran yang dimodelkan dalam bentuk matrik BIBC (*Bus Injection to Branch Current*). Besar arus saluran dapat ditulis dalam persamaan berikut :

$$I_n = \left( \frac{P_n + jQ_n}{V_n} \right)^* \quad (1)$$

Dengan menerapkan persamaan *Kirchoff Current Laws* pada jaringan **Gambar 3**, injek arus pada setiap bus dapat dimodelkan kedalam bentuk fungsi matriks. Saluran

dimodelkan dengan variable  $B_1 - B_5$ . Persamaan injeksi arus pada setiap bus dengan menggunakan persamaan (1) dapat dimodelkan kedalam bentuk matrik. Berikut hasil pemodelannya kedalam matrik[6].

$$\begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \\ B_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_2 \\ I_3 \\ I_4 \\ I_5 \\ I_6 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Maka persamaan yang lebih sederhana dan sama dapat ditulis menjadi :

$$[B] = [BIBC][I] \quad (3)$$

Hubungan antara arus saluran dan tegangan dapat diperoleh melalui persamaan berikut :

$$V_2 = V_1 - B_1 \cdot Z_{12} \quad (4)$$

$$V_3 = V_2 - B_2 \cdot Z_{23} \quad (5)$$

$$V_4 = V_3 - B_3 \cdot Z_{34} \quad (6)$$

Dimana pada  $Z_{12}$ ,  $Z_{23}$ ,  $Z_{34}$  merupakan impedansi saluran dari *section* 1-2, 2-3 dan 3-4. Dengan mensubstitusikan

persamaan (4) dan (5) kedalam persamaan (6), maka tegangan pada bus 4 dapat ditulis menjadi :

$$V_4 = V_1 - B_1 \cdot Z_{12} - B_2 \cdot Z_{23} - B_3 \cdot Z_{34} \quad (7)$$

Selanjutnya tegangan bus dapat disusun dalam sebuah fungsi matriks dari arus saluran (BIBC), sehingga diperoleh matriks BCBV (*Branch Current to Branch Voltage*) dengan cara yang sama seperti cara diatas didapatkan persamaan (8) matriks BCBV (*Branch Current to Branch Voltage*).

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_1 \\ V_1 \\ V_1 \\ V_1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} V_2 \\ V_3 \\ V_4 \\ V_5 \\ V_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{12} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ Z_{12} & Z_{23} & 0 & 0 & 0 \\ Z_{12} & Z_{23} & Z_{34} & 0 & 0 \\ Z_{12} & Z_{23} & Z_{34} & Z_{45} & 0 \\ Z_{12} & Z_{23} & 0 & 0 & Z_{36} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \\ B_5 \end{bmatrix} \quad (8)$$

Maka persamaan yang lebih sederhana dan sama dapat ditulis menjadi :

$$[\Delta V] = [BCBV][B] \quad (9)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (3) ke persamaan (9) maka pada akhir penurunan persamaan diperoleh nilai  $\Delta V$

dapat ditulis dengan persamaan (9) dan disederhanakan menjadi persamaan (10) sebagai berikut :

$$[\Delta V] = [BCBV][BIBC][I] \quad (9)$$

$$[\Delta V] = [DLF][I] \quad (10)$$

dimana,  $[DLF] = [BCBV][BIBC]$ ,

$$[\Delta V^{k+1}] = [DLF][I^k] \quad (11)$$

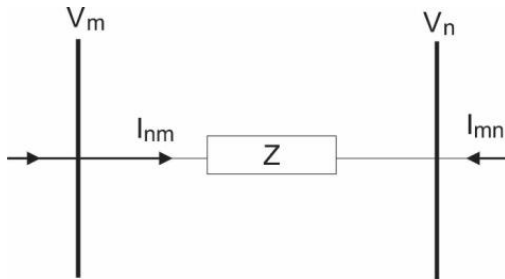
$$[V]^{k+1} = [V_1] - [\Delta V^{k+1}] \quad (12)$$

$V_1$  merupakan tegangan dari Swing bus, sehingga dari persamaan (11) diperoleh nilai deviasi tegangan pada setiap bus, yang selanjutnya akan diperbarui nilai dari persamaan (12) pada setiap iterasi, sehingga diperoleh tegangan yang valid setelah iterasi menjadi konvergen [6].

## **2.5 Rugi-rugi jaringan Daya Listrik dan Deviasi tegangan**

Setelah mengetahui nilai tegangan dan arus pada setiap bus dan saluran dengan solusi perhitungan iterasi, kemudian rugi saluran didapatkan. Sebuah saluran menghubungkan dua bus  $i$  dan bus  $j$  yang ditunjukkan pada

Gambar 2.3 Arus saluran  $I_{mn}$  terukur pada bus m dan didefinisikan positif pada arah maju sedangkan  $I_{nm}$  didefinisikan negatif karena berasal dari arah yang berlawanan [5].



Gambar 2. 5 Contoh gambaran saluran sederhana

$m \rightarrow n$  dapat ditulis

$$I_{mn} = I_m = Z_{mn}(V_m - V_n) \quad (13)$$

$n \rightarrow m$  dapat ditulis menjadi

$$I_{nm} = -I_{mn} = I_m = Z_{nm}(V_n - V_m) \quad (14)$$

Didapatkan daya kompleks untuk bus m ke n dan bus n ke bus m sebagai berikut :

$$S_{mn} = V_m * I_{mn}^* \quad (15)$$

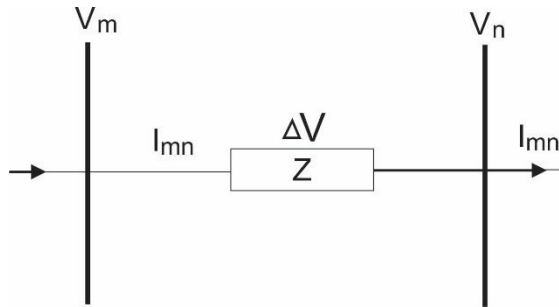
$$S_{nm} = V_n * I_{nm}^* \quad (16)$$

Rugi saluran dalam saluran  $m - n$  diperoleh dengan penjumlahan persamaan (17) dan (18) sebagai berikut

$$S_{l\ mn} = S_{mn} + S_{nm} \quad (17)$$

$$P_{l\ mn} = \text{real}(S_{l\ mn}) \quad (18)$$

Rugi tegangan merupakan salah satu bentuk rugi – rugi jaringan yang dapat dimodelkan pada persamaan dibawah ini. Sebuah rangkaian saluran sederhana ditunjukkan pada Gambar2.4.



Gambar 2. 6 Rangkaian saluran sederhana

Sesuai dengan Hukum Kirchoff untuk tegangan dapat ditulis persamaan 19.

$$V_m = V_n + \Delta V = V_n + Z * I_{mn} \quad (19)$$

## **2.6 Pengertian MATLAB (Matrix Laboratory)**

Matlab adalah singkatan dari MATrix LABoratory, merupakan bahasa pemrograman yang dikembangkan oleh The Mathwork Inc. yang hadir dengan fungsi dan karakteristik yang berbeda dengan bahasa pemrograman lain yang sudah ada lebih dahulu seperti Delphi, Basic maupun C++. Matlab merupakan bahasa pemrograman level tinggi yang dikhususkan untuk kebutuhan komputasi teknis, visualisasi dan pemrograman seperti komputasi matematik, analisis data, pengembangan algoritma, simulasi dan pemodelan dan grafik-grafik perhitungan. Pada awalnya Matlab dibuat untuk memberikan kemudahan mengakses data matrik pada proyek LINPACK dan EISPACK. Saat ini matlab memiliki ratusan fungsi yang dapat digunakan sebagai problem solver mulai dari simple sampai masalah-masalah yang kompleks dari berbagai disiplin ilmu.

Dalam lingkungan perguruan tinggi teknik, Matlab merupakan perangkat standar untuk memperkenalkan dan mengembangkan penyajian materi matematika, rekayasa dan kelimuan. Di industri, MATLAB merupakan perangkat pilihan



untuk penelitian dengan produktifitas yang tinggi, pengembangan dan analisisnya.

Kegunaan MatLab secara umum adalah sebagai berikut:

- a) Matematika dan komputasi,
- b) Perkembangan algoritma,
- c) Pemodelan, simulasi, dan pembuatan prototype,
- d) Analisa data, eksplorasi dan visualisasim
- e) Pembuatan aplikasi, termasuk pembuatan antaramuka grafis.

#### **Karakteristik MATLAB :**

1. Bahasa pemrogramannya didasarkan pada matriks (baris dan kolom).
2. Lambat (dibandingkan dengan Fortran atau C) karena bahasanya langsung diartikan.
3. *Automatic memory management*, misalnya kita tidak harus mendeklarasikan *arrays* terlebih dahulu.
4. Tersusun rapi.
5. Waktu pengembangannya lebih cepat dibandingkan dengan Fortran atau C.
6. Dapat diubah ke bahasa C lewat MATLAB Compiler.

7. Tersedia banyak toolbox untuk aplikasi-aplikasi khusus.

Beberapa kelebihan Matlab jika dibandingkan dengan program lain seperti Fortran, dan Basic adalah :

1. Mudah dalam memanipulasi struktur matriks dan perhitungan berbagai operasi matriks yang meliputi penjumlahan, pengurangan, perkalian, invers dan fungsi matriks lainnya.
2. Menyediakan fasilitas untuk memplot struktur gambar (kekuatan fasilitas grafik tiga dimensi yang sangat memadai).
3. Script program yang dapat diubah sesuai dengan keinginan user.
4. Jumlah routine-routine powerful yang berlimpah yang terus berkembang.
5. Kemampuan interface (misal dengan bahasa C, word dan mathematica).
6. Dilengkapi dengan toolbox, simulink, stateflow dan sebagainya, serta mulai melimpahnya source code di internet yang dibuat dalam matlab( contoh toolbox misalnya : signal processing, control system, neural networks dan sebagainya).

## **Lingkungan Kerja MATLAB :**

1. Secara umum lingkungan kerja Matlab terdiri dari tiga bagian yang penting yaitu:

a) Command Windows

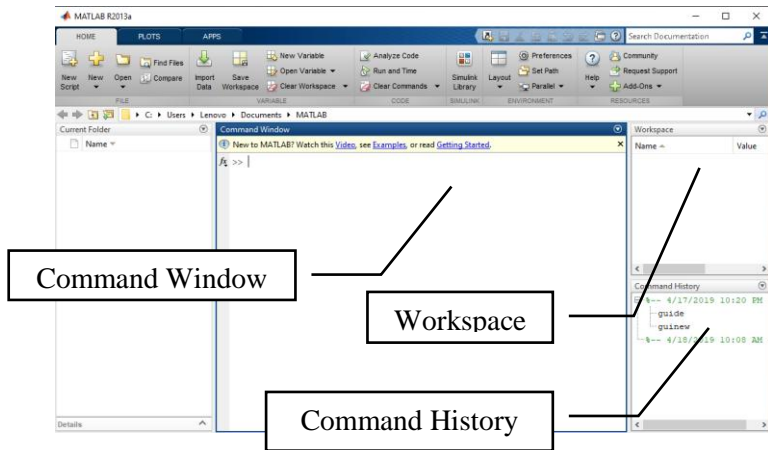
Windows ini muncul pertama kali ketika kita menjalankan program Matlab. Command windows digunakan untuk menjalankan perintah-perintah Matlab, memanggil tool Matlab seperti editor, fasilitas help, model simulink, dan lain-lain. Ciri dari windows ini adalah adanya prompt (tanda lebih besar) yang menyatakan Matlab siap menerima perintah. Perintah tersebut dapat berupa fungsi-fungsi bawaan (toolbox) Matlab itu sendiri.

b) Workspace

Menampilkan semua variable yang pernah dibuat meliputi nama variable, ukuran, jumlah byte dan class.

c) Command History

Menampilkan perintah-perintah yang telah diketikkan pada command Window.



Gambar 2. 7 Lingkungan kerja matlab

## 2. Editor Windows

Windows ini merupakan tool yang disediakan oleh Matlab yang berfungsi sebagai editor script Matlab (listing perintah-perintah yang harus dilakukan oleh Matlab). Ada dua cara untuk membuka editor ini, yaitu:

1. Klik : File, lalu New dan kemudian M-File
2. Ketik pada command windows : "edit"

Secara formal suatu script merupakan suatu file eksternal yang berisi tulisan perintah MatLab. Tetapi script tersebut bukan merupakan suatu fungsi. Ketika anda menjalankan suatu script, perintah di dalamnya

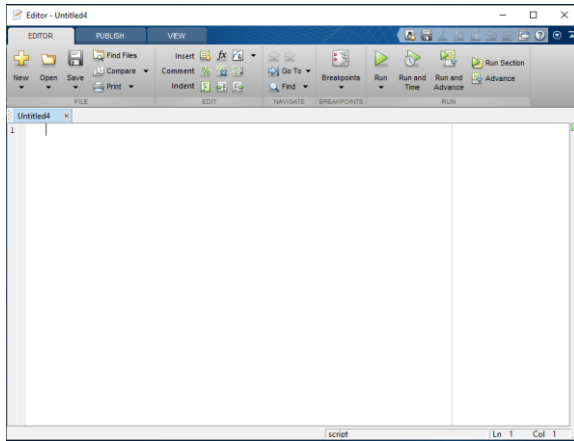
dieksekusi seperti ketika dimasukkan langsung pada MatLAB melalui keyboard.

M-file selain dipakai sebagai penamaan file juga bisa dipakai untuk menamakan fungsi, sehingga fungsi fungsi yang kita buat di jendela editor bisa di simpan dengan ekstensi .m sama dengan file yang kita panggil di jendela editor. Saat kita menggunakan fungsi Matlab seperti inv, abs, cos, sin dan sqrt, matlab menerima variabel berdasarkan variabel yang kita berikan. Fungsi M-file mirip dengan script file dimana keduanya merupakan file teks dengan ekstensi .m . sebagaimana script M-file, fungsi m-file tidak dimasukkan dalam jendela command window tetapi file tersendiri yang dibuat dengan editor teks.

Membentuk dan menjalankan M-File:

- a) Klik menu **File**, pilih **New** dan klik **M-File**
- b) Pada editor teks, tulis argumen atau perintah
- c) Simpan dengan cara klik **File**, pilih **Save As** dan beri nama dengan ekstensi .m
- d) Pastikan file yang akan dijalankan berada pada direktori aktif
- e) Misalkan file graf1.m berada di C:\MATLAB, maka lakukan perintah cd
- f) `>> cd c:\matlab`

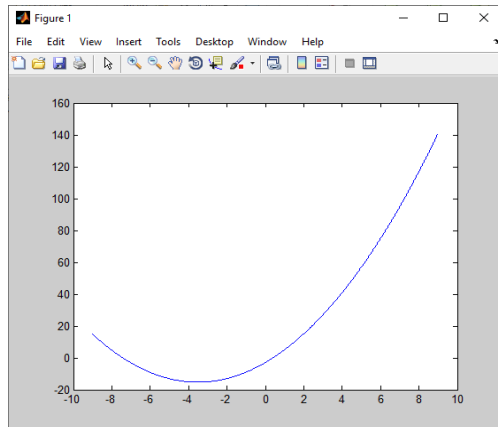
- g) Kemudian jalankan file graf1.m dengan cara
- h) `>> graf1`



Gambar 2. 8 Lingkungan kerja editor window

### 3. Figure Windows

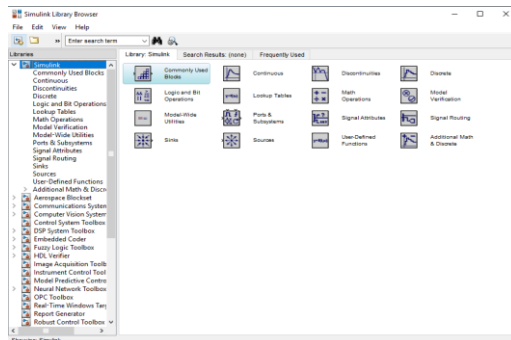
Windows ini merupakan hasil visualisasi dari script Matlab. Matlab memberikan kemudahan bagi programmer untuk mengedit windows ini sekaligus memberikan program khusus untuk itu, sehingga selain berfungsi sebagai visualisasi output yang berupa grafik juga sekaligus menjadi media input yang interaktif. Adapun contoh gambar berikut ini :



Gambar 2. 9 Figure window

#### 4. Simulink windows.

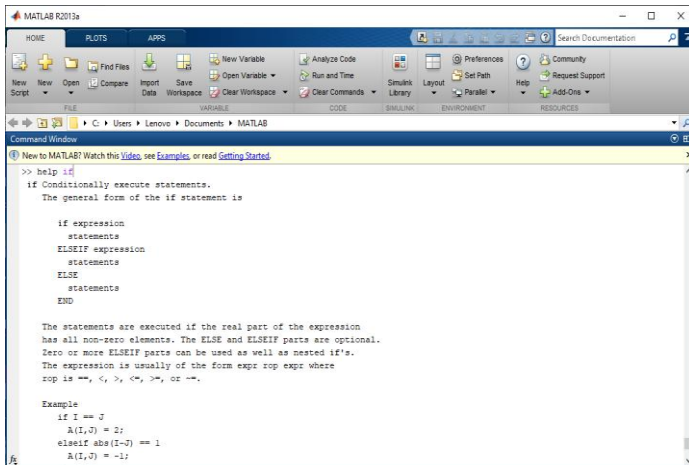
Windows ini umumnya digunakan untuk mensimulasikan system kendali berdasarkan blok diagram yang telah diketahui. Untuk mengoperasikannya ketik “**simulink**” pada command windows.



Gambar 2. 10 Lingkungan kerja Simulink window

## 5. MATLAB Help Window

MATLAB juga menyediakan sistem help yang dapat diakses dengan perintah help. Misalnya, untuk memperoleh informasi tentang fungsi elfun, if, for, dll. Yang merupakan bagian dari fungsi untuk trigonometri, eksponensial, complex dan lain-lain.



Gambar 2. 11 Matlab help window