

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik^[7]

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.

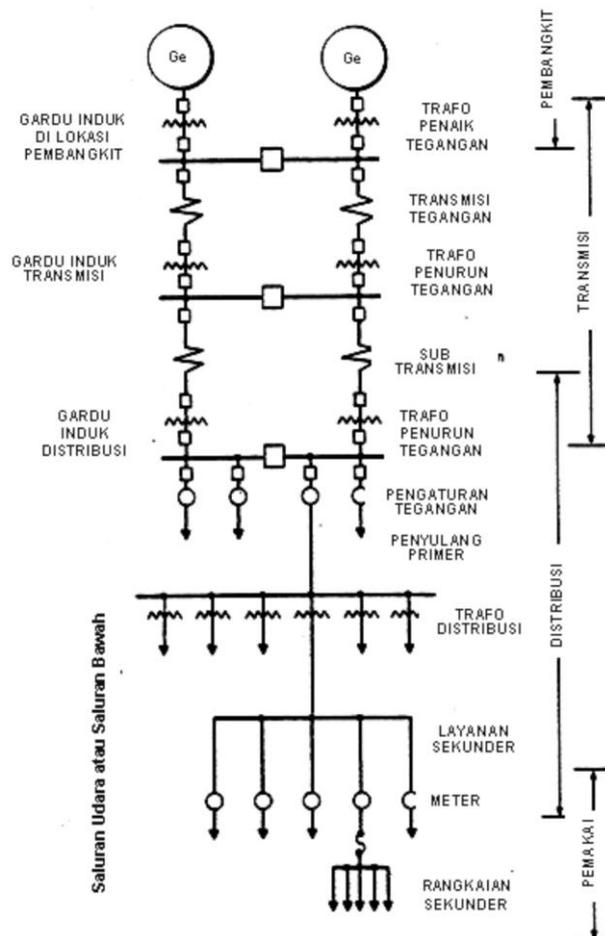
Tenaga listrik yang dihasilkan oleh pembangkit tenaga listrik besar dengan tegangan dari 11 kV sampai 24 kV dinaikkan tegangannya oleh Gardu Induk (GI) dengan transformator penaik tegangan menjadi 70 kV, 154 kV, 220 kV atau 500 kV kemudian disalurkan melalui saluran transmisi.

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 pelanggan konsumen. Pada sistem penyaluran daya jarak jauh, selalu digunakan tegangan setinggi mungkin, dengan menggunakan *transformator step-up*. Nilai tegangan yang sangat tinggi ini menimbulkan beberapa konsekuensi antara lain berbahaya bagi lingkungan dan mahalnya harga perlengkapan-perlengkapannya, selain itu juga 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 *transformator step-down*. Dalam hal ini jelas bahwa

sistem distribusi merupakan bagian yang penting dalam sistem tenaga listrik secara keseluruhan.

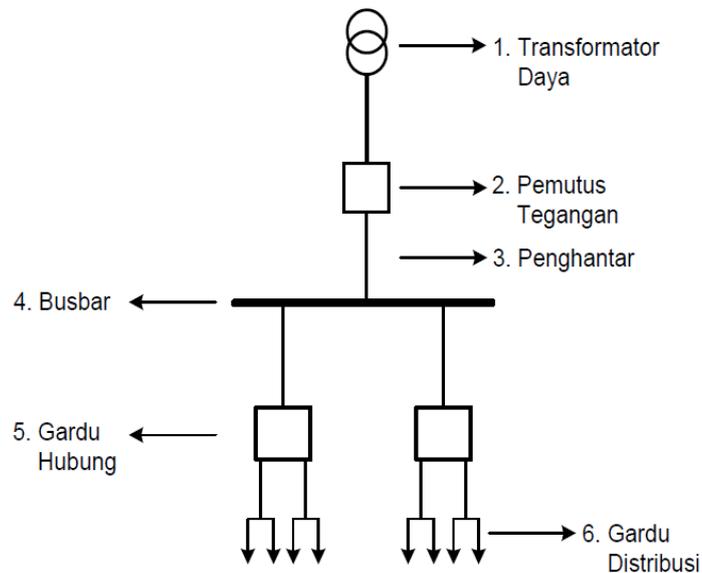


Gambar 2.1 Pengelompokan Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Klasifikasi saluran distribusi tenaga listrik menurut nilai tegangannya dibedakan menjadi dua yaitu saluran distribusi primer dan saluran distribusi sekunder.

A. Saluran Distribusi Primer

Terletak pada sisi primer trafo distribusi, yaitu antara titik sekunder trafo substation (GI) dengan titik primer trafo distribusi. Saluran ini bertegangan menengah 20kV.



Gambar 2.2 Bagian-bagian Sistem Distribusi Primer

B. Saluran Distribusi Sekunder

Terletak pada sisi sekunder trafo distribusi, yaitu antara titik sekunder dengan titik cabang menuju beban. Terdiri dari sambungan tegangan rendah menuju ke saluran utilitas atau beban pengguna listrik.

2.2 Bentuk–Bentuk Saluran Distribusi

Bentuk – bentuk saluran distribusi dapat dibedakan berdasarkan :

1. Konstruksi konduktornya
2. Tempat peletakannya
3. Susunan peletakannya
4. Bahan konduktornya
5. Susunan rangkaiannya

2.2.1 Saluran Distribusi Berdasarkan Konstruksi Konduktornya

Bentuk saluran distribusi berdasarkan konstruksi konduktornya dapat dibedakan atas :

A. Penghantar

Yaitu penghantar yang konduktornya tidak dilindungi oleh lapisan isolasi sebagai pelindung luar (dibiarkan telanjang). Tipe konstruksi demikian hanya

diperuntukkan pada pasangan luar (outdoor) yang diharapkan terbebas dari sentuhan, misalnya untuk pasangan overhead. Pemilihan kawat penghantar yang digunakan untuk saluran udara didasarkan pada besarnya beban yang dilayani, makin luas beban yang dilayani maka makin besar ukuran penampang kawat yang digunakan. Penghantar yang umum digunakan pada jaringan distribusi adalah jenis AAAC.

B. Kabel

Kabel yaitu penghubung yang konduktornya dilindungi (dibungkus) oleh lapisan isolasi. Cara pembungkusannya ada yang berisi hanya satu (urat) konduktor, ada yang berisi dua, tiga, atau empat urat. Tapi untuk kepentingan penyaluran daya bertegangan menengah ke atas umumnya digunakan satu urat atau tiga urat.

Sebagai bahan isolasi, dipilih dan digunakan beberapa jenis bahan yang berbeda, tergantung pada besarnya tegangan penyaluran dan juga tergantung dimana kabel tersebut dipasang. Pemasangan saluran kabel ini dilakukan dengan pertimbangan apabila saluran udara tidak memungkinkan untuk dipasang. Saluran kabel antara lain dipasang pada penyulang dari gardu induk ke SUTM dan dari SUTM ke gardu trafo pelanggan. Saluran kabel yang umum digunakan pada saluran jaringan distribusi adalah jenis XLPE dan CVT.

2.2.2 Bentuk Saluran Distribusi Berdasarkan Tempat Peletakannya^[2]

Bentuk saluran distribusi berdasarkan tempat peletakannya dapat dibedakan menjadi :

A. Saluran Udara (Over Head Line)

Saluran udara baik digunakan pada daerah dengan kerapatan beban kecil. Saluran udara banyak digunakan karena harga pembelian hak jalan untuk hantaran udara dan harga materialnya relatif murah. Kelebihan lain saluran udara ini antara lain adalah mudah melakukan perluasan pelayanan, mudah melakukan pemeriksaan apabila terjadi gangguan pada jaringan, mudah melakukan pemeriksaan, serta tiang–tiang jaringan distribusi primer dapat digunakan untuk jaringan distribusi dan keperluan pemasangan trafo atau gardu tiang. Dengan demikian dapat dikatakan biaya instalasinya relatif murah. Kekurangan pada saluran udara antara lain adalah gangguan lebih mudah terjadi karena penyaluran daya dilakukan melalui kawat atau

kabel yang tergantung pada tiang dengan perantara isolator. Selain itu, biaya pemeliharannya juga relatif tinggi dan mengurangi keindahan sekitarnya. Bahan yang banyak dipakai untuk kawat penghantar terdiri atas kawat tembaga telanjang (BCC), alumunium telanjang (AAC), serta bahan campuran yang berbasis alumunium (AAAC).

B. Saluran Bawah Tanah (Underground)

Saluran bawah tanah baik digunakan untuk daerah dengan kerapatan beban yang tinggi, misalnya di pusat kota atau pusat industri. Saluran bawah tanah banyak digunakan dalam kawasan tersebut karena banyak terdapat bangunan–bangunan tinggi, sehingga pemasangan hantaran udara akan mengganggu, baik dari segi keindahan maupun dari keamanan. Pemasangan saluran udara dalam kawasan tersebut dapat membahayakan keselamatan manusia.

Bahan untuk kabel tanah pada umumnya terdiri atas tembaga dan alumunium. Sebagai isolasi digunakan bahan – bahan berupa kertas serta perlindungan mekanikal berupa timah hitam. Jenis tegangan menengah sering dipakai juga minyak sebagai isolasi. Jenis kabel demikian dinamakan GPLK (Gewapend Papier Load Cable) yang merupakan standar Belanda. Pada saat ini bahan isolasi buatan berupa PVC (Polivinyll Chloride) dan XLPE (Cross-linked Polyethilene) telah berkembang pesat dan merupakan bahan isolasi yang handal.

Beberapa keuntungan dari penggunaan saluran bawah tanah adalah bebas dari gangguan pohon, sambaran petir, dan tidak menyebabkan bahaya sentuh oleh manusia. Sedangkan beberapa kerugian dari penggunaan saluran bawah tanah adalah biaya pembangunan yang relatif mahal, sulit mengetahui letak gangguan jika terjadi gangguan dan gangguan tersebut bersifat permanen, serta waktu dan biaya yang diperlukan untuk menanggulangi jika terjadi gangguan lebih lama dan lebih mahal.

C. Saluran Kabel Bawah Laut

Saluran bawah laut (submarine cable) yaitu saluran yang dipasang di dasar laut untuk keperluan suplai antar pulau. Kabel jenis ini juga dirancang khusus atau disesuaikan dengan kondisi lingkungan tempat pemasangannya.

2.3 Gangguan pada Sistem Distribusi Tenaga Listrik^[8]

Pada suatu sistem distribusi tenaga listrik terdiri dari pembangkit, gardu induk, jaringan transmisi dan distribusi. Pada sistem ini setiap gangguan yang terjadi pada salah satu sistem tersebut akan mengganggu semua beban yang ada pada saluran tersebut.

Apabila gangguan tersebut bersifat permanen maka diperlukan perbaikan terlebih dahulu sebelum mengoperasikan kembali sistem tersebut, maka pelanggan yang mengalami gangguan pelayanan jumlahnya relatif banyak.

Berdasarkan ANSI (*American National Standards Institute*) / IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) Std. 100-1992 gangguan didefinisikan sebagai suatu kondisi fisis yang disebabkan kegagalan suatu perangkat, komponen atau suatu elemen untuk bekerja sesuai dengan fungsinya. Gangguan hamper selalu ditimbulkan oleh hubung singkat antar fase atau hubung singkat fase ke tanah. Suatu gangguan hamper selalu berupa hubung langsung atau melalui impedansi. Gangguan hubung singkat sendiri dapat didefinisikan sebagai gangguan yang terjadi akibat adanya penurunan kekuatan dasar isolasi antara sesama kawat fasa dengan tanah yang menyebabkan kenaikan arus secara berlebihan. Analisis gangguan hubung singkat diperlukan untuk mempelajari sistem tenaga listrik baik waktu perencanaan maupun setelah beroperasi.

2.4 Jenis-Jenis Gangguan

Pada dasarnya gangguan yang sering terjadi pada sistem distribusi saluran 20 kV dapat digolongkan menjadi dua macam yaitu gangguan dari dalam sistem dan gangguan dari luar sistem. Gangguan yang berasal dari luar sistem disebabkan oleh sentuhan daun/pohon pada penghantar, sambaran petir, manusia, binatang, cuaca dan lain-lain. Sedangkan gangguan yang datang dari dalam sistem dapat berupa kegagalan dari fungsi peralatan jaringan, kerusakan dari peralatan jaringan, kerusakan dari peralatan pemutus beban dan kesalahan pada alat pendeteksi.

Klasifikasi gangguan yang terjadi pada jaringan distribusi adalah:

- a. Dari jenis gangguannya:
 1. Gangguan tiga fasa

2. Gangguan dua fasa langsung atau fasa-fasa ke tanah
 3. Gangguan satu fasa ke tanah atau gangguan tanah
- b. Dari lamanya gangguan:
1. Gangguan permanen
 2. Gangguan temporer

2.5 Gangguan Hubung Singkat

Gangguan biasanya diakibatkan oleh kegagalan isolasi di antara penghantar fasa atau antara penghantar fasa dengan tanah. Secara nyata kegagalan isolasi dapat menghasilkan beberapa efek pada sistem yaitu menghasilkan arus yang cukup besar, atau mengakibatkan adanya impedansi diantara konduktor fasa atau antara penghantar fasa dan tanah. Penyebab terjadinya gangguan pada jaringan distribusi disebabkan karena^[1]:

- a. kesalahan mekanis
- b. kesalahan termis
- c. karena tegangan lebih
- d. karena material yang cacat atau rusak
- e. gangguan hubung singkat
- f. konduktor putus

Gangguan hubung singkat adalah gangguan yang terjadi karena adanya kesalahan antara bagian-bagian yang bertegangan. Gangguan hubung singkat dapat juga terjadi akibat adanya isolasi yang tembus atau rusak karena tidak tahan terhadap tegangan lebih, baik yang berasal dari dalam maupun yang berasal dari luar (akibat sambaran petir). Bila gangguan hubung singkat dibiarkan berlangsung dengan agak lama pada suatu sistem daya, akan banyak pengaruh-pengaruh yang tidak diinginkan yang akan terjadi. Berikut ini akibat yang ditimbulkan gangguan hubung singkat antara lain:

- A Berkurangnya batas-batas kestabilan untuk sistem daya.
- B Rusaknya perlengkapan-perengkapan yang berada dekat dengan gangguan yang disebabkan oleh arus-arus tak seimbang, atau tegangan rendah yang ditimbulkan oleh hubung singkat.

Gangguan hubung singkat adalah gangguan yang terjadi karena adanya kesalahan antara bagian-bagian yang bertegangan. Gangguan hubung singkat dapat terjadi akibat adanya isolasi yang tembus atau rusak karena tidak tahan terhadap tegangan lebih, baik yang berasal dari dalam maupun yang berasal dari luar (akibat sambaran petir). Gangguan hubung singkat dapat pula terjadi pada suatu kondisi pada sistem tenaga dimana penghantar yang berarus terhubung dengan penghantar lain atau dengan tanah.

2.6 Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat^[6]

Perhitungan hubung singkat adalah suatu analisa kelakuan suatu sistem tenaga listrik pada keadaan gangguan hubung singkat, dimana dengan cara ini diperoleh nilai besaran-besaran listrik yang dihasilkan sebagai akibat gangguan hubung singkat tersebut.

Analisa gangguan hubung singkat ini dianggap perlu karena gangguan yang mengakibatkan hubung singkat dapat menimbulkan arus yang lebih besar daripada arus normal. Bila gangguan hubung singkat dibiarkan berlangsung lama pada suatu sistem daya, banyak pengaruh-pengaruh yang tidak diinginkan yang dapat terjadi:

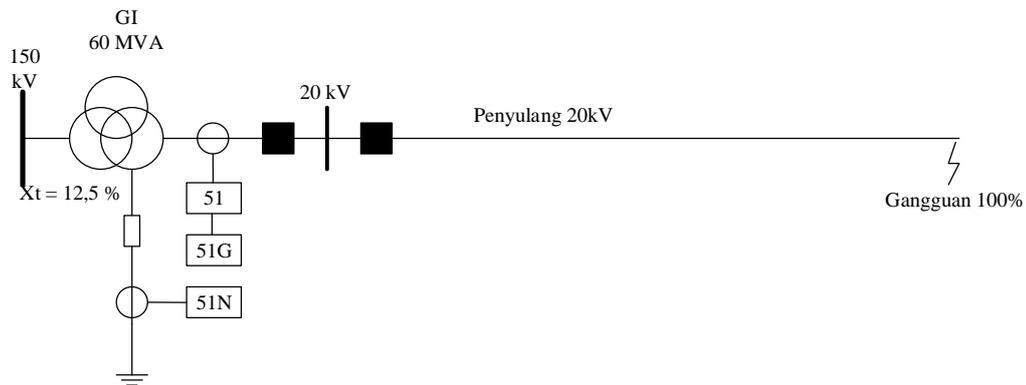
- Berkurangnya batas-batas kestabilan untuk sistem daya
- Rusaknya perlengkapan yang berada dekat dengan gangguan yang disebabkan oleh arus tidak seimbang, atau tegangan rendah yang ditimbulkan oleh hubung singkat
- Ledakan-ledakan yang mungkin terjadi pada peralatan yang mengandung minyak isolasi sewaktu terjadinya suatu hubung singkat, dan yang mungkin menimbulkan kebakaran sehingga dapat membahayakan orang yang menanganinya dan merusak peralatan-peralatan yang lain.
- Terpecah-pecahnya keseluruhan daerah pelayanan sistem daya itu oleh suatu rentetan tindakan pengamanan yang diambil oleh sistem-sistem pengamanan yang berbeda-beda; kejadian ini dikenal sebagai “cascading”.

Untuk menghitung arus hubung singkat pada sistem distribusi 20kV, pertama-tama menghitung impedansi sumber (reaktansi) dalam hal ini diambil dari

data hubung singkat pada bus sisi primer 150kV, kedua menghitung reaktansi trafo tenaga dan ketiga menghitung impedansi penyulang.

2.6.1 Menghitung Impedansi Sumber^[5]

Untuk menghitung impedansi sumber maka data yang diperlukan adalah data hubung singkat pada bus primer trafo. Berikut persamaan untuk menghitung impedansi sumber:



Gambar 2.3 Pasokan Daya dari Gardu Induk Distribusi

$$X_{sc} = \frac{kV^2}{MVA} \dots\dots\dots (2.1)$$

- Keterangan:
- Xsc = Impedansi hubung singkat sumber (ohm)
 - kV = Tegangan sisi primer trafo tenaga (kV)
 - MVA = Daya Hubung Singkat sumber (MVA)

Daya hubung singkat sumber adalah daya maksimum yang dapat disalurkan pada sumber listrik. Dihitung pada sisi tegangan 150kV pada saat arus beban puncak.

Perlu diingat bahwa impedansi sumber ini adalah nilai ohm pada sisi primer, karena arus gangguan hubung singkat yang akan dihitung adalah gangguan hubung singkat pada sisi sekunder 20 kV, maka impedansi sumber tersebut harus dikonversikan ke sisi 20 kV. Untuk mengkonversikan impedansi yang terletak di sisi 150 kV ke sisi 20 kV dilakukan dengan Persamaan 2.2:

$$X_{sc2}(sisi\ 20\ kV) = \frac{(kV_2)^2}{(kV_1)^2} \times X_{sc1}(Sisi\ 150\ kV) \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:	X_{sc1}	= Impedansi sisi primer (ohm)
	V_1	= Tegangan pada sisi primer (kV)
	V_2	= Tegangan pada sisi sekunder (kV)
	X_{sc2}	= Impedansi sisi sekunder (ohm)

2.6.2 Menghitung Reaktansi Trafo^[5]

Besarnya nilai reaktansi trafo biasanya dinyatakan dalam bentuk persentase, untuk mencari nilai reaktansi dalam ohm dapat dicari dengan persamaan berikut:

$$Xt \text{ (pada 100\%)} = \frac{kV^2}{MVA} \dots\dots\dots (2.3)$$

$$Xt = Xt \text{ (\%)} \cdot Xt \text{ (pada 100\%)} \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan:	Xt	= Reaktansi trafo (ohm)
	$Xt \text{ (\%)}$	= Reaktansi trafo (%)
	kV	= Tegangan pada sisi sekunder (kV)
	MVA	= Daya Trafo (ohm)

Tabel 2.1 Karakteristik Urutan Nol (Zero Sequence) dari Variasi Elemen pada Sistem Tenaga Listrik

Perlitan	Jenis	Z_0
Transformator Tenaga: (dilihat dari sisi sekunder)	Tanpa pembumian	∞
	Yyn atau Zyn	10 s/d 15 X_1
	Ydyn	3 X_1
	Dyn atau YNyn	X_1
	Dzn atau Yzn	0,1 s/d 0,2 X_1
Generator	Sinkron	0,5 Z_1
	Asinkron	0

2.6.3 Menghitung Impedansi Penyulang^[3]

Menghitung impedansi penyulang dihitung berdasarkan dari jenis penghantar yang digunakan serta panjang jaringan tersebut baik menggunakan jaringan SUTM atau dari jenis kabel tanah untuk jaringan SKTM. Untuk menghitung impedansi penyulang maka dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$Z = (R+jX) \Omega/km \times \text{panjang penghantar (km)} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dengan demikian nilai impedansi penyulang untuk lokasi gangguan yang dalam perhitungan ini disimulasikan terjadi pada tiap-tiap gardu distribusi yang ingin diketahui berapa besarnya arus gangguan pada lokasi tersebut. Yakni pada 55 gardu distribusi yang ada pada penyulang Nakula.

2.6.4 Menghitung Impedansi Ekuivalen Jaringan^[5]

Perhitungan yang akan dilakukan disini adalah perhitungan besarnya nilai impedansi positif (Z_1 eq), negative (Z_2 eq), dan nol (Z_0 eq) dari titik gangguan sampai ke sumber.

Karena dari sumber ke titik gangguan impedansi yang terbentuk adalah sambungan seri, maka perhitungan Z_1 eq dan Z_2 eq dapat langsung menjumlahkan impedansi tersebut. Sedangkan untuk perhitungan Z_0 eq dimulai dari titik gangguan sampai ke trafo tenaga yang netralnya ditanahkan.

Perhitungan Z_1 eq/ Z_2 eq dan Z_0 eq:

$$Z_1 \text{eq}/Z_2 \text{eq} = X_{sc} + X_{t1} + Z_1 \text{ penyulang} \dots\dots\dots (2.6)$$

$$Z_0 \text{eq} = X_{t0} + 3RN + Z_0 \text{ penyulang} \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan:

X_{sc}	= Impedansi sumber sisi sekunder (ohm)
X_{t1}	= Impedansi trafo tenaga urutan positif atau negatif (ohm)
X_{t0}	= Impedansi trafo tenaga urutan nol (ohm)
Z_1 penyulang	= Impedansi penyulang urutan positif atau negatif (ohm)
Z_0 penyulang	= Impedansi penyulang urutan nol (ohm)
Z_1 eq	= Impedansi ekuivalen jaringan urutan positif (ohm)
Z_2 eq	= Impedansi ekuivalen jaringan urutan negatif (ohm)
Z_0 eq	= Impedansi ekuivalen jaringan urutan negatif (ohm)

2.6.5 Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa^[5]

Gangguan hubung singkat 3 fasa dapat dihitung dengan menggunakan rumus yaitu sebagai berikut:

$$I_{sc} \text{ 3 fasa} = \frac{E_{f \text{ fasa}}}{Z_{1 \text{ eq}} + Z_f} \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan:

I_{sc} 3 fasa	= Arus gangguan hubung singkat 3 fasa (A)
E fasa	= Tegangan fasa – netral sistem 20 kV ($\frac{20000}{\sqrt{3}}$)
Z_{1eq}	= Impedansi ekuivalen urutan positif (ohm)
Z_f	= Impedansi gangguan (ohm)

2.6.6 Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat 2 Fasa^[5]

Gangguan hubung singkar 2 fasa dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$I_{sc} \text{ 2 fasa} = \frac{E_{fasa-fasa}}{Z_{1eq} + Z_{2eq} + Z_f} \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan:

I_{sc} 3 fasa	= Arus gangguan hubung singkat 2 fasa (A)
E fasa-fasa	= Tegangan fasa–fasa (kV)
Z_{1eq}	= Impedansi ekuivalen urutan positif (ohm)
Z_{2eq}	= Impedansi ekuivalen urutan negatif (ohm)
Z_f	= Impedansi gangguan (ohm)

2.6.7 Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah^[5]

Gangguan hubung singkar 1 fasa ke tanah dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$I_{sc} \text{ 1 fasa} = \frac{3 \cdot E}{Z_{1eq} + Z_{2eq} + Z_{0eq} + Z_f} \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan:

I_{sc} 1 fasa	= Arus gangguan hubung singkat 1 fasa-tanah (A)
E	= Tegangan fasa – netral sistem 20 kV ($\frac{20000}{\sqrt{3}}$)
Z_{1eq}	= Impedansi ekuivalen urutan positif (ohm)
Z_{2eq}	= Impedansi ekuivalen urutan negatif (ohm)
Z_{0eq}	= Impedansi ekuivalen urutan nol (ohm)

2.6.8 Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat 2 Fasa ke Tanah^[5]

Gangguan hubung singkar 2 fasa ke tanah dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$I_{sc} \text{ 2 fasa - tanah} = \frac{E}{Z_{1eq} + \frac{Z_{2eq} \times (Z_{0eq} + Z_f)}{Z_{2eq} + Z_{0eq} + Z_f}} \dots\dots\dots (2.11)$$

Keterangan:

I_{sc} 2 fasa-tanah = Arus gangguan hubung singkat 2 fasa-tanah (A)

E = Tegangan fasa – netral sistem 20 kV ($\frac{20000}{\sqrt{3}}$)

Z_{1eq} = Impedansi ekuivalen urutan positif (ohm)

Z_{2eq} = Impedansi ekuivalen urutan negatif (ohm)

Z_{0eq} = Impedansi ekuivalen urutan nol (ohm)

Z_f = Impedansi gangguan (ohm)

2.7 MATLAB^[4]

MATLAB merupakan bahasa pemrograman tingkat tinggi yang dikembangkan oleh MathWorks dan dikhususkan untuk komputasi numerik, visualisasi, dan pemrograman. Dengan memanfaatkan MATLAB, pengguna dapat melakukan analisis data, mengembangkan algoritma, dan membuat model maupun aplikasi. Bahasa, *tools*, dan fungsi-fungsi *built-in* akan memudahkan pengguna untuk mengeksplorasi berbagai pendekatan dan memperoleh solusi dengan lebih cepat dibandingkan apabila menggunakan *spreadsheets* atau bahasa pemrograman tradisional, seperti C/C++ atau Java™. MATLAB menggunakan konsep array/matrik sebagai standar variabel elemennya tanpa memerlukan pendeklarasian array seperti pada bahasa lainnya. Selain itu juga dapat diintegrasikan dengan aplikasi dan bahasa pemrograman eksternal seperti C, Java, .NET, dan Microsoft Excel.

MATLAB (MATrix LABoratory) yang merupakan bahasa pemrograman tingkat tinggi berbasis pada matriks sering digunakan untuk teknik komputasi numerik, yang digunakan untuk menyelesaikan masalah-masalah yang melibatkan operasi matematika elemen, matrik, optimasi, aproksimasi dan lainnya.

Sehingga Matlab banyak digunakan pada :

1. Matematika dan komputansi
2. Pengembangan dan algoritma
3. Pemrograman modeling, simulasi, dan pembuatan prototype

4. Analisa data, eksplorasi dan visualisasi
5. Analisis numerik dan statistic
6. Pengembangan aplikasi teknik

2.7.1 Dasar penulisan pada MATLAB^[4]

Seperti bahasa pemrograman lainnya, MATLAB juga memiliki aturan bahasa pemrograman (sintak) tersendiri. Pada MATLAB hanya terdapat dua tipe data, yaitu numerik dan string. Tidak dibutuhkan pendeklarasian secara eksplisit karena tipe data akan dikenali oleh MATLAB secara otomatis. Namun demikian terdapat beberapa hal penting yang harus diperhatikan dalam penulisan sintak:

- Penamaan variabel bersifat case sensitive.
- Penamaan variabel harus selalu diawali dengan huruf, tidak boleh dengan simbol atau angka.
- Penamaan variabel dan M-File tidak boleh sama dengan nama-nama default yang dikenal MATLAB.

A. Cara Penulisan Variabel

- Data numerik tunggal

```
X = 20 ;
```

- Data numerik berdimensi banyak (Array/Matrix)

```
X = [ 20 11 ; 20 13] ;
```

- Data string

```
X = 'bonjour' ;
```

B. Operasi dan Fungsi-Fungsi Matematika

Berikut ini adalah tabel operator matematika yang digunakan dalam pemrograman MATLAB :

Tabel 2.2 Operasi Matematika pada Matlab

Operasi	Simbol	Contoh
Penjumlahan	+	A + B

Pengurangan	-	$A - B$
Perkalian	*	$A * B$
Pembagian	/ atau \	A / B
pangkat	^	$A ^ B$

Selain itu MATLAB juga menyediakan fungsi-fungsi matematika, di antaranya :

Tabel 2.3 Fungsi Matematika pada Matlab

Fungsi	Deskripsi
exp	Eksponensial
log	Logaritma natural
log10	Logaritma basis 10
log2	Logaritma basis 2
sqrt	Akar pangkat
cos	Kosinus
sin	Sinus
tan	Tangen

C. Input dan Output

Untuk meminta input dari user, MATLAB menyediakan fungsi input. Sintak penulisannya sebagai berikut :

```
reply = input('string ditampilkan');
reply = input('string ditamplikan','s');
```

Baris pertama digunakan jika input yang diharapkan berupa angka sedangkan baris kedua digunakan jika input yang diharapkan berupa string.

Sedangkan untuk menampilkan output program ke layar, MATLAB menyediakan fungsi disp. Sintak penulisannya sebagai berikut :

```
disp('string ditampilkan');
```

D. Control Flow

a. Perulangan dengan (for ... end)

Sintak ini digunakan untuk melakukan pengulangan proses yang telah diketahui banyaknya perulangan yang harus dijalankan. Cara penulisannya sebagai berikut :

```
for variabel = mulai:interval:akhir
    perintah-perintah
end
```

b. Perulangan dengan (while ... end)

Sintak ini digunakan untuk melakukan pengulangan proses yang tidak diketahui banyaknya perulangan yang harus dijalankan. Yang diketahui hanyalah syarat atau kondisi kapan program akan tetap dijalankan. Cara penulisannya sebagai berikut :

```
while syarat
    perintah-perintah
end
```

Cara penulisan syarat, menggunakan ekspresi matematika yang meliputi :

Instruksi	Keterangan
==	sama dengan
~=	tidak sama dengan
>	lebih besar dari
>=	lebih besar atau sama dengan
<	lebih kecil dari
<=	lebih kecil atau sama dengan

Sedangkan untuk mengkombinasikan menggunakan operator logika berikut ini :

Instruksi	Keterangan
&	and
	or

c. Kondisional dengan (if ... elseif ... else ... end)

Kondisional digunakan untuk mengontrol alur suatu program. Kondisional if-else sering digunakan di dalam program. Cara penulisannya sebagai berikut :

```
if syarat1
    perintah-perintah
elseif syarat2
    perintah-perintah
else
    perintah-perintah
end
```

d. Kondisional dengan (switch ... case ... otherwise ... end)

Penulisan sintak switch-case sebagai berikut :

```
switch variabel
    case nilai1
        perintah-perintah
    case nilai2
        perintah-perintah
    .
    .
    .
    otherwise
        perintah-perintah
end
```

2.7.2 MATLAB GUIDE^[4]

GUIDE atau GUI builder merupakan sebuah graphical user interface (GUI) yang dibangun dengan obyek grafik seperti tombol (button), kotak teks, slider, menu dan lain-lain. Aplikasi yang menggunakan GUI umumnya lebih mudah

dipelajari dan digunakan karena orang yang menjalankannya tidak perlu mengetahui perintah yang ada dan bagaimana kerjanya.

Sampai saat ini, jika kita membicarakan pemrograman berorientasi visual, yang ada di benak kita adalah sederetan bahasa pemrograman, seperti visual basic, Delphi, visual C++, visual Fox Pro, dan lainnya yang memang didesain secara khusus untuk itu. Matlab merintis ke arah pemrograman yang menggunakan GUI dimulai dari versi 5, yang terus disempurnakan sampai sekarang.

GUIDE Matlab mempunyai kelebihan tersendiri dibandingkan dengan bahasa pemrogram lainnya, diantaranya:

- 1) GUIDE Matlab banyak digunakan dan cocok untuk aplikasi-aplikasi berorientasi sains, sehingga banyak peneliti dan mahasiswa menggunakan GUIDE Matlab untuk menyelesaikan riset atau tugas akhirnya.
- 2) GUIDE Matlab mempunyai fungsi built-in yang siap digunakan dan pemakai tidak perlu repot membuatnya sendiri.
- 3) Ukuran file, baik FIG-file maupun M-file, yang dihasilkan relatif kecil.
- 4) Kemampuan grafisnya cukup andal dan tidak kalah dibandingkan dengan bahasa pemrograman lainnya.