

**Analisis Perbandingan Gangguan Hubung Singkat  
Tiga Fasa dan Gangguan Satu Fasa Kitanah  
Sistem Tenaga Listrik Menggunakan Program  
Matlab**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana**

**Oleh :**

**HARRY KURNIAWAN  
NPM : 08 812 0041**



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2012**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 6/9/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)6/9/23

# Analisis Perbandingan Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa dan Gangguan Satu Fasa Kitanah Sistem Tenaga Listrik Menggunakan Program Matlab

## TUGAS AKHIR

Oleh :

**HARRY KURNIAWAN**  
NPM 08 812 0041

Disetujui Pembimbing :

Pembimbing I,

Pembimbing II,

  
(Ir. H. Usman Harahap)

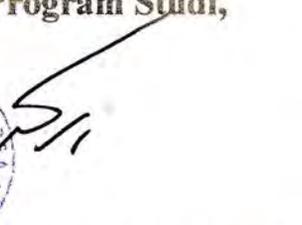
  
(Agus Junaidi, ST.MT)

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik,

Ka. Program Studi,

  
(Ir. H. Haniza, MT)

  
(Yulianta Siregar, ST.MT)

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
Tanggung Jawab:

Document Accepted 6/9/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

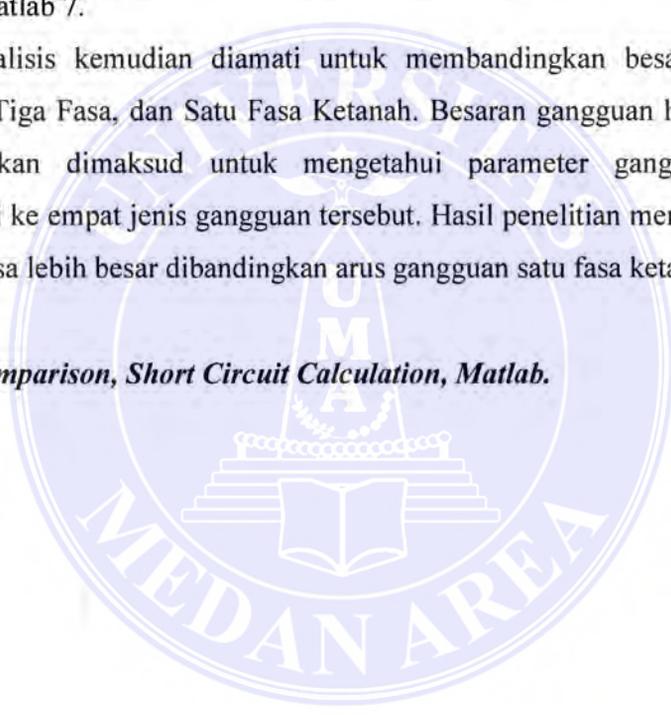
## ABSTRAK

Penelitian Tugas Akhir ini membahas tentang analisis perbandingan hubung singkat satu fasa ketanah dan tiga fasa pada sistem tenaga listrik yang terdiri dari dua unit generator terhubung dengan tiga buah bus melalui saluran transmisi.

Penelitian tugas akhir diawali dengan membentuk diagram reaktansi dari *single line diagram* sistem tenaga listrik. Dari diagram reaktansi akan dibentuk rangkaian urutan nol, urutan positif dan urutan negatif. Kemudian dari diagram urutan tersebut dimodelkan perhitungan gangguan hubung singkat dengan menggunakan bantuan perangkat lunak. Perangkat lunak yang digunakan untuk analisis dalam penelitian ini menggunakan Matlab 7.

Hasil analisis kemudian diamati untuk membandingkan besaran gangguan hubung singkat Tiga Fasa, dan Satu Fasa Ketanah. Besaran gangguan hubung singkat yang dibandingkan dimaksud untuk mengetahui parameter gangguan terbesar (maksimum) dari ke empat jenis gangguan tersebut. Hasil penelitian menunjukkan arus gangguan tiga fasa lebih besar dibandingkan arus gangguan satu fasa ketanah

**Keywords:** *A Comparison, Short Circuit Calculation, Matlab.*



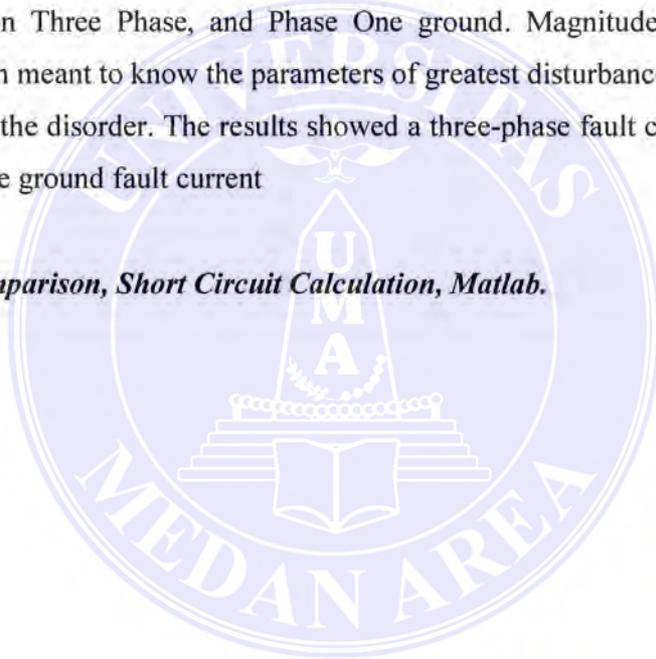
## ABSTRACT

Research final discusses the comparative analysis of single phase short circuit to the ground and three phase electric power system consisting of two generator units terhubung with three bus through a transmission line.

The study begins with the final form of the single line diagram of reactance diagram of electric power systems. From the diagram of the circuit reactance will be set up zero sequence, positive sequence and negative sequence. Then from the sequence diagram is modeled calculations of short circuit interruption with the help of software. The software used for analysis in this study using Matlab 6.1.

The results of the analysis is then observed to compare the magnitude of short circuit interruption Three Phase, and Phase One ground. Magnitude than the short circuit interruption meant to know the parameters of greatest disturbance (maximum) of the four types of the disorder. The results showed a three-phase fault current is greater than a single phase ground fault current

***Keywords: A Comparison, Short Circuit Calculation, Matlab.***





## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	i
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ii
<b>ABSTRAK</b> .....	iv
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	x
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
I.1. Latar Belakang .....	1
I.2. Rumusan Masalah .....	4
I.3. Batasan Masalah .....	4
I.4. Tujuan Penulisan.....	4
I.5. Metodologi Penelitian.....	4
I.6. Sistematika Pembahasan .....	5
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	
II.1. Umum .....	7
II.2. Memulai Matlab.....	8
II.3. Model Penyelesaian Rangkaian Menggunakan Matlab .....	9
II.4. Mengenal Dasar Matlab .....	12

## **BAB III TEORI ANALISIS HUBUNG SINGKAT PADA SISTEM TENAGA LISTRIK**

III.1. Teori Komponen Simetris.....	16
III.2. Impedansi Urutan Utama Sistem Tenaga Listrik .....	19
III.2.1. Jaringan Urutan Generator .....	19
III.2.2. Jaringan Urutan Mesin Sinkro .....	19
III.2.3. Jaringan Urutan Beban .....	20
III.2.4. Jaringan Urutan Transformator .....	21
III.3. Hubung Singkat .....	23
III.3.1. Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa .....	23
III.3.2. Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Kestanah .....	25

## **BAB IV ANALISIS GANGGUAN TIGA FASA DAN SATU FASA KE TANAH**

IV.1. Diagram Segaris .....	27
IV.2. Rangkain Urutan .....	28
IV.2.1. Rangkaian Urutan Positif.....	28
IV.2.2. Rangkaian urutan Nol.....	29
IV.3. Perbandingan Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa-T dan Tiga Fasa ...	31
IV.3.1. Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa.....	31
IV.3.2. Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah.....	32
IV.4. Verifikasi Analisis Gangguan dengan Matlab .....	33

IV.5. Hasil Perhitungan Menggunakan Matlab .....	41
IV.6. Pembahasan Hasil Analisis .....	44

## BAB V PENUTUP

V.1. Kesimpulan .....	45
V.2. Saran .....	45

## DAFTAR PUSTAKA



# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1. Latar Belakang

Sistem tenaga listrik merupakan satu kesatuan unit-unit terdiri dari proses pembangkitan, penyaluran energi listrik dan pemanfaatan energi tersebut oleh konsumen. Studi tentang keandalan sistem mulai dari identifikasi kebutuhan beban, identifikasi sumber daya alam pembangkit, identifikasi pengaruh gangguan yang dapat ditimbulkan oleh suatu sistem tenaga listrik<sup>[1]</sup>.

Penyaluran energi listrik melalui hantaran terbuka seperti Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) rentan terhadap pengaruh-pengaruh external (lingkungan) yang dapat mengganggu penyaluran daya listrik. Gangguan eksternal yang dimaksud dapat terjadi akibat faktor cuaca (petir) faktor hewan dan tumbuhan. Gangguan yang disebabkan oleh faktor eksternal tersebut dapat menyebabkan gangguan yang bersifat temporer ataupun permanen<sup>[1]</sup>.

Jika terjadi gangguan pada jaringan sistem tenaga listrik, arus yang mengalir akan ditentukan oleh emf-internal mesin pada jaringan impedansinya dan impedansi pada jaringan antara mesin dengan titik tempat terjadinya gangguan tersebut. Arus yang mengalir dalam mesin serempak segera setelah terjadinya gangguan, yang mengalir beberapa periode kemudian dan terus bertahan atau dalam keadaan tetap, nilainya berbeda cukup jauh karena pengaruh arus jangkar pada fluks yang membangkitkan tegangan dalam mesin itu. Arus itu berubah relatif lambat dari nilai awalnya ke nilai keadaan maksimalnya.

Pada umumnya ada 4 macam gangguan hubung singkat yang ada pada sistem tenaga yaitu gangguan tiga fasa simetris, gangguan tidak simetris satu fasa ke tanah, gangguan tidak simetris dua fasa ke tanah dan gangguan tidak simetris antar fasa. Apabila gangguan ini sering terjadi dan tidak cepat diatasi maka akan dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan tegangan seperti transformator, generator dan sebagainya<sup>[1]</sup>.

Untuk transformator, dikarenakan besarnya arus yang lewat maka akan timbul rugi daya yang besar dan diubah menjadi panas yang dapat merusak isolasi pada transformator tersebut, sehingga akan terjadi kecenderungan *flash over* (percikan bunga api) pada kumparan transformator pada generator. Saat sekarang ini, studi hubung singkat pada sistem yang besar, saling terinterkoneksi akan melibatkan perhitungan-perhitungan yang kompleks dan membutuhkan tingkat kecermatan yang tinggi. Oleh karena itu dalam studi arus hubung singkat ini sebagai alat bantu dalam perhitungan penelitian ini digunakan perangkat lunak Matlab.

Studi hubung singkat dilakukan untuk menentukan besarnya arus yang mengalir melewati sistem tenaga listrik pada berbagai jarak waktu setelah gangguan terjadi. Besarnya arus yang mengalir melewati sistem tenaga listrik setelah gangguan berubah menurut waktu sampai mencapai kondisi tetap. Selama kondisi gangguan, sistem proteksi diperlukan untuk mendeteksi, menghilangkan dan mengisolasi gangguan tersebut. Hal ini dapat dilakukan pada berbagai jenis gangguan (tiga fasa simetris, fasa ke fasa, dua fasa ke tanah, dan satu fasa ke tanah) pada lokasi yang berbeda dari keseluruhan sistem.

Setiap kesalahan dalam suatu rangkaian yang menyebabkan terganggunya aliran arus yang normal disebut gangguan. Sebagian besar dari gangguan-gangguan yang terjadi pada saluran transmisi tegangan 115 KV atau lebih disebabkan oleh petir yang

mengakibatkan terjadinya percikan bunga api (*flash over*) pada isolator. Tegangan tinggi yang ada di antara penghantar dan menara atau tiang penyangga yang ditanahkan (*grounded*) menyebabkan terjadinya ionisasi. Ini memberikan jalan bagi muatan listrik yang diinduksi (diimbangi) oleh petir untuk mengalir ke tanah. Dengan terbentuknya jalur ionisasi ini, impedansi ke tanah menjadi rendah. Ini memungkinkan mengalirnya arus fasa dari penghantar ke tanah dan melalui tanah menuju “netralnya” transformator atau generator yang ditanahkan sehingga terjadi rangkaian tertutup.

Bila hubung singkat dibiarkan berlangsung agak lama pada suatu sistem tenaga listrik maka pengaruh-pengaruh yang tidak diinginkan dapat terjadi :

1. Berkurangnya batas-batas kestabilan untuk suatu sistem tenaga listrik.
2. Rusaknya peralatan yang berada dekat dengan gangguan yang disebabkan oleh arus yang besar, arus yang tidak seimbang atau tegangan-tegangan rendah yang ditimbulkan oleh hubung singkat.
3. Ledakan-ledakan yang mungkin terjadi pada peralatan yang mengandung minyak isolasi sewaktu terjadinya hubung singkat dan yang mungkin menimbulkan kebakaran sehingga dapat membahayakan orang yang menanganinya dan merusak peralatan-peralatan lain.
4. Terpecah-pecahnya keseluruhan daerah pelayanan sistem tenaga listrik itu oleh suatu rentetan tindakan pengamanan yang diambil oleh sistem-sistem pengamanan yang berbeda<sup>[1]</sup>.

Tindakan pengamanan yang dapat diambil dalam melindungi sistem tenaga listrik adalah dengan jalan pemisahan (*Isolation*) bagian yang terkena gangguan. Dalam sistem-sistem tenaga listrik yang modern, proses meniadakan hubung singkat ini dilaksanakan secara otomatis tanpa adanya campur tangan manusia. Peralatan yang melakukan pekerjaan ini secara kolektif dikenal sebagai sistem perlindungan

(*Protection System*). Oleh karena itu dilakukan penelitian tentang mencari nilai perbandingan antara gangguan satu fasa ketanah dan gangguan tiga fasa dengan bantuan perangkat lunak Matlab untuk mencari parameter nilai gangguan masing-masing<sup>[1]</sup>.

## I.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada Tugas Akhir ini adalah Bagaimana menentukan Analisis dan membandingkan nilai gangguan satu fasa ketanah dan gangguan tiga fasa dengan bantuan perangkat lunak Matlab secara praktis untuk mendapatkan parameter arus gangguan maksimum secara akurat.

## I.3. Batasan Masalah

Ruang lingkup penelitian dalam tugas akhir ini difokuskan antara lain:

1. Analisis nilai gangguan satu fasa ketanah dan gangguan tiga fasa dengan bantuan perangkat lunak Matlab.
2. Pengujian dilakukan pada sistem 2 mesin yang terhubung pada tiga buah bus melalui saluran transmisi dengan mengabaikan nilai resistansi sistem, kapasitansi saluran, efek magnetisasi transformator.

## I.4. Tujuan Penulisan

Adapun yang menjadi tujuan penulisan Tugas Akhir ini adalah memaparkan dan membuktikan perbandingan besaran nilai gangguan hubung singkat satu fasa ketanah, gangguan antar fasa, gangguan antar fasa ke tanah dan gangguan tiga fasa dengan bantuan perangkat lunak Matlab secara akurat dan praktis.

## I.5. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan dalam penulisan Tugas Akhir ini adalah :

1. Studi literatur : berupa tinjauan pustaka dari buku-buku, jurnal ilmiah yang berkaitan dengan Sistem Tenaga Listrik
2. Berkonsultasi dengan pembimbing.
3. Pengamatan langsung terhadap objek penelitian melalui hasil analisis program Matlab.

## I.6. Sistematika Penulisan

Untuk memberikan gambaran mengenai Tugas Akhir ini, secara singkat dapat diuraikan sebagai berikut :

### BAB I PENDAHULUAN

Menguraikan Latar belakang, Tujuan Penulisan, Batasan Masalah, Metode Penelitian dan Sistematika Penulisan.

### BAB II LANDASAN TEORI

Menguraikan tentang mekanisme *running program* Matlab dan penyelesaian kasus sederhana rangkaian listrik menggunakan program atau aplikasi Matlab.

### BAB III ANALISIS GANGGUAN HUBUNG SINGKAT

Membahas tentang Komponen Simetris, Tegangan, Arus pada Komponen Simetris, Impedansi Seri Tidak Simetris, Jaringan Urutan Generator, Tidak Berbeban, Gangguan-gangguan Tidak Simetris, Gangguan Simetris.

## BAB IV ANALISIS ARUS GANGGUAN TIGA FASA DAN SATU FASA KE TANAH

Membahas tentang perhitungan gangguan hubung singkat tiga fasa dan Satu Fasa Ketanah menggunakan perangkat lunak Matlab sehingga dapat diketahui perbandingan besaran arus gangguan maksimum.

## BAB V PENUTUP

Membahas tentang Kesimpulan dan Saran dari hasil yang telah diteliti sehingga diperoleh kesimpulan dan saran untuk penelitian lanjutan.



## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### II.1. Umum

MATLAB adalah sebuah bahasa pemrograman dengan unjuk kerja yang tinggi untuk komputasi teknik. Matlab merupakan integrasi dari komputasi, visualisasi dan pemrograman dalam perangkat yang mudah digunakan untuk permasalahan dan penyelesaian dinyatakan dalam notasi matematik yang sudah dikenal. Beberapa bagian yang penting di dalam Matlab:

1. Matematika dan komputasi
2. Pengembangan algoritma
3. Modelling, simulasi dan pembuatan *prototype*
4. Analisa data, eksplorasi dan visualisasi
5. Pengetahuan dan grafik teknik
6. Pengembangan aplikasi, termasuk pembangunan GUI

MATLAB adalah sebuah sistem interaktif yang mempunyai elemen data dasar dalam satu kesatuan. Hal ini memungkinkan untuk menyelesaikan banyak persoalan komputasi teknik, khususnya formulasi matrik dan vektor. Terdapat juga sebuah bagian memungkinkan untuk menuliskan program dalam bahasa yang tidak interaktif seperti C atau Fortran<sup>[3]</sup>.

Nama MATLAB itu sendiri merupakan singkatan dari Matrix Laboratory. MATLAB sebenarnya ditulis untuk mengelola program-program berbasis matrik seperti pada proyek LINPACK dan EISPACK<sup>[3]</sup>.

MATLAB telah digunakan selama beberapa tahun oleh banyak peneliti tingkat universitas. MATLAB memiliki instruksional standard untuk mengenal dan mendalami

lebih lanjut materi-materi matematika, teknologi dan ilmu pengetahuan. Fitur-fitur MATLAB itu sendiri memiliki aplikasi khusus yang disebut *toolboxes*<sup>[3]</sup>.

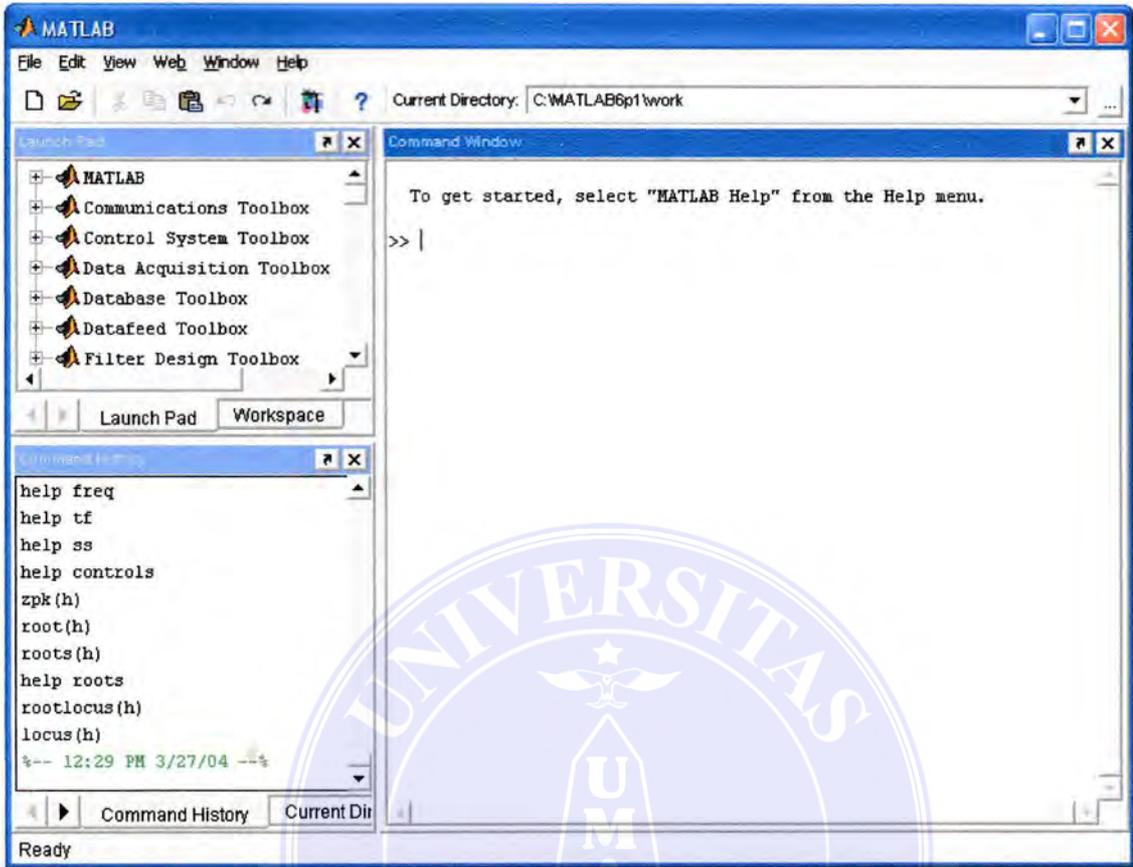
Bagi *user*, *toolboxes* digunakan untuk mempelajari dan menerapkan teknologi secara khusus. *Toolboxes* adalah koleksi komprehensif dari fungsi-fungsi MATLAB (M- files) yang menambah fasilitas MATLAB untuk menyelesaikan beberapa bagian permasalahan secara khusus. Bagian-bagian di dalam *toolboxes* terdiri dari *signal processing, control systems, neural networks, fuzzy logic, wavelets, simulation, power System Block Sheet* dan banyak lagi yang lainnya<sup>[3]</sup>.

## II. 2. Memulai MATLAB

Pada *platform Microsoft Windows*, untuk memulai MATLAB dapat dilakukan dengan *double-click* pada *shortcut icon* MATLAB pada desktop *Windows*. Pada *platform UNIX*, untuk memulai MATLAB, tuliskan *matlab* pada *prompt*.

Setelah memulai MATLAB, akan terbuka desktop dari MATLAB. Kemudian pemakai mengubah direktori (*folder*) aktif dimana file-file kerja yang akan/sudah dilakukan ditempatkan.

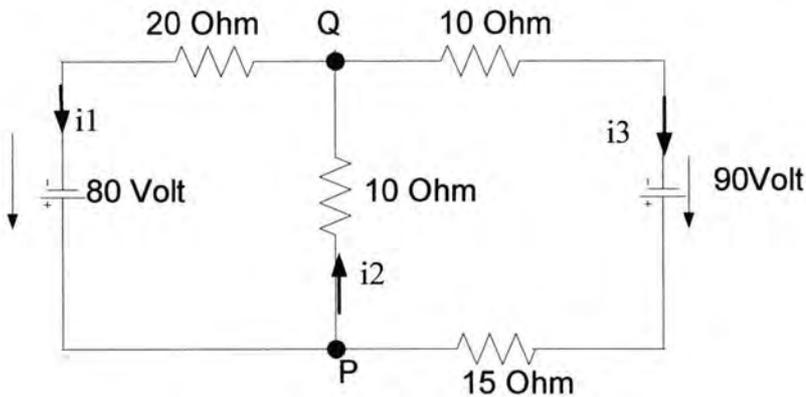
Untuk menuliskan program atau perintah interaktif dilakukan pada jendela perintah (*Command Windows*). Untuk mengganti direktori dapat dilakukan pada *text-box Current Directory* Untuk melihat perintah-perintah apa yang sudah dilakukan dapat digunakan *History Windows*. Untuk mengetahui *toolboxes* apa saja yang ada di MATLAB dan menggunakannya, dapat dilakukan pada jendela *Launch Pad*.



Gambar 2.1. Desktop MATLAB (command Windows)

### II.3. Model Penyelesaian Rangkaian Menggunakan Matlab

Misalkan ingin menentukan besar arus dalam sistem rangkaian listrik dibawah ini



Gambar 2.2. Rangkaian Listrik Sederhana

**Solusi :** Dengan menggunakan hukum kirchoff arus dan tegangan diperoleh persamaan linier sebagai berikut :

$$\begin{array}{lclclcl}
 \text{Titik P} & : & i_1 & - & i_2 & + & i_3 & = & 0 \\
 \text{Titik Q} & : & -i_1 & + & i_2 & - & i_3 & = & 0 \\
 \text{Loop Kanan} & : & & & 10i_2 & + & 25i_3 & = & 90 \\
 \text{Loop Kiri} & : & 20i_1 & + & 10i_2 & & & = & 80
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{lclclcl} \text{Titik P} \\ \text{Titik Q} \\ \text{Loop Kanan} \\ \text{Loop Kiri} \end{array}} \right\} \begin{array}{l} \text{Misalkan:} \\ x_1 = i_1 \\ x_2 = i_2 \\ x_3 = i_3 \end{array}$$

Maka ke empat persamaan tersebut dapat ditulis:

$$\begin{array}{rclcl}
 x_1 & - & x_2 & + & x_3 & = & 0 \\
 -x_1 & + & x_2 & - & x_3 & = & 0 \\
 & & 10x_2 & + & 25x_3 & = & 90 \\
 20x_1 & + & 10x_2 & & & = & 80
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{rclcl} x_1 \\ -x_1 \\ \\ 20x_1 \end{array}} \right\} \begin{array}{l} \text{Dapat dibentuk dalam} \\ \text{matriks lengkap} \end{array}$$

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 1 & 0 \\ -1 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 10 & 25 & 90 \\ 20 & 10 & 0 & 80 \end{bmatrix}$$

$\downarrow$   $x_1$      $\downarrow$   $x_2$      $\downarrow$   $x_3$      $\downarrow$   $b$

Sistem pengenalan matriks (eliminasi) merupakan cara yang sederhana dalam menyelesaikan persamaan diatas untuk memperoleh arus ( $i_1$ ,  $i_2$ , dan  $i_3$ ) dengan langkah-langkah sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} 1 & -1 & 1 & 0 \\ -1 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 10 & 25 & 90 \\ 20 & 10 & 0 & 80 \end{bmatrix}$$

*baris 2 + baris 1*  
*baris 4 - (20 \* n) baris 1*

$$\begin{bmatrix} 1 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 10 & 25 & 90 \\ 0 & 30 & -20 & 80 \end{bmatrix}$$

*baris 2 ditukar (ubah) dengan baris 4*  
*dan posisi baris 3 menjadi baris 2*  
*posisi baris 4 menjadi baris 3*

$$\begin{bmatrix} 1 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & 10 & 25 & 90 \\ 0 & 30 & -20 & 80 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

*baris 3 - (3 \* n) baris 2*

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 6/9/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber  
 2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)6/9/23

$$\begin{bmatrix} 1 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & 10 & 25 & 90 \\ 0 & 0 & -95 & -190 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{array}{l} \text{maka } x_1 - x_2 + x_3 = 0 \dots\dots\dots 1 \\ \text{maka } 10x_2 + 25x_3 = 90 \dots\dots\dots 2 \\ \text{maka } -95x_3 = -190 \dots\dots\dots 3 \end{array}$$

jika kita selesaikan secara berurutan dari hasil (3 s.d 1) maka :

$$-95x_3 = -190 \rightarrow x_3 = \frac{-190}{-95} = 2$$

substitusi hasil  $x_3$  ke persamaan hasil 2 diperoleh :

$$10x_2 + 25x_3 = 90 \rightarrow 10x_2 + 25(2) = 90$$

$$x_2 = \frac{90 - 50}{10} = 4$$

dan :

$$x_1 - x_2 + x_3 = 0 \rightarrow \begin{array}{l} x_1 - 4 + 2 = 0 \\ x_1 = 4 - 2 \\ x_1 = 2 \end{array}$$

sehingga arus listrik masing masing diperoleh:

$$i_1 = 2, i_2 = 4 \text{ dan } i_3 = 2$$

```

Pembuktian dengan matlab untuk kasus sistem persamaan linier yang
diselesaikan dengan matriks

>> A=[1 -1 1 0;-1 1 -1 0;0 10 25 90;20 10 0 80]; % augment matriks
dari sistem rangkaian listrik

B=rref(A);% menghitung untuk mencari variable yang tidak diketahui

>> A

A =

     1     -1     1     0
    -1     1    -1     0
     0    10    25    90
    20    10     0    80

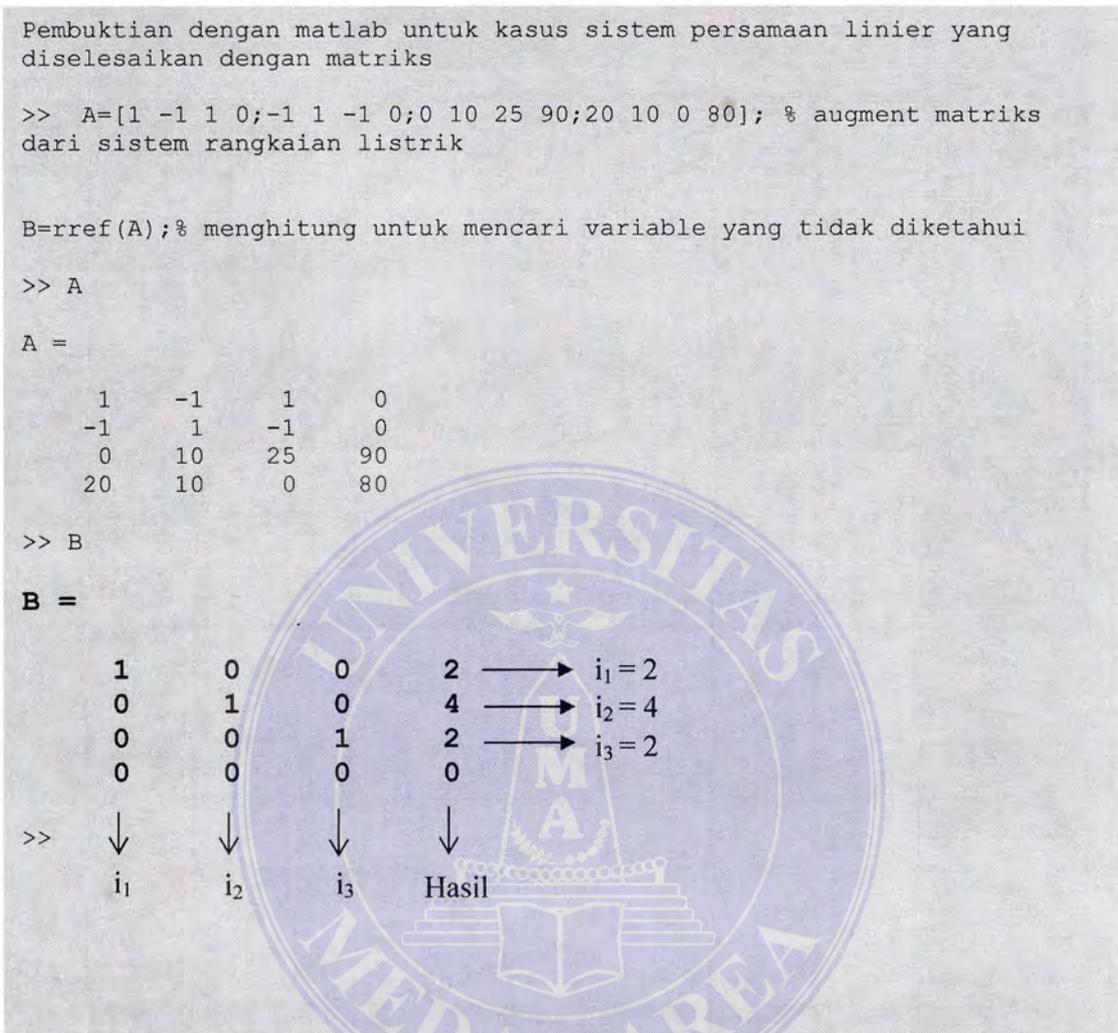
>> B

B =

     1     0     0     2
     0     1     0     4
     0     0     1     2
     0     0     0     0

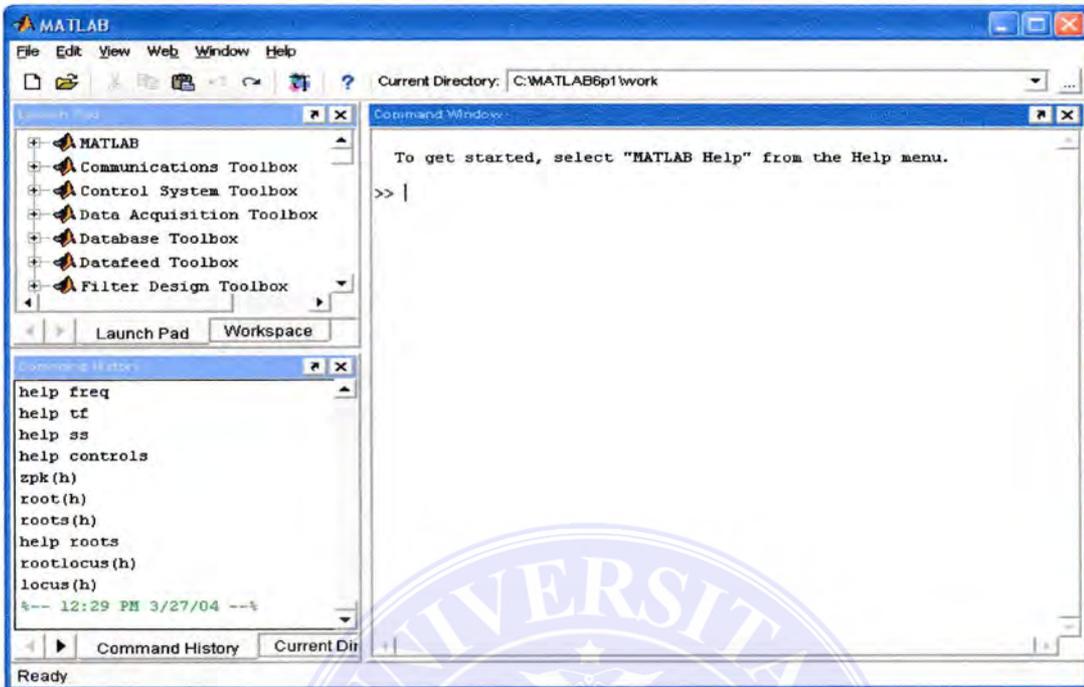
>> ↓ ↓ ↓ ↓
    i1 i2 i3 Hasil

```



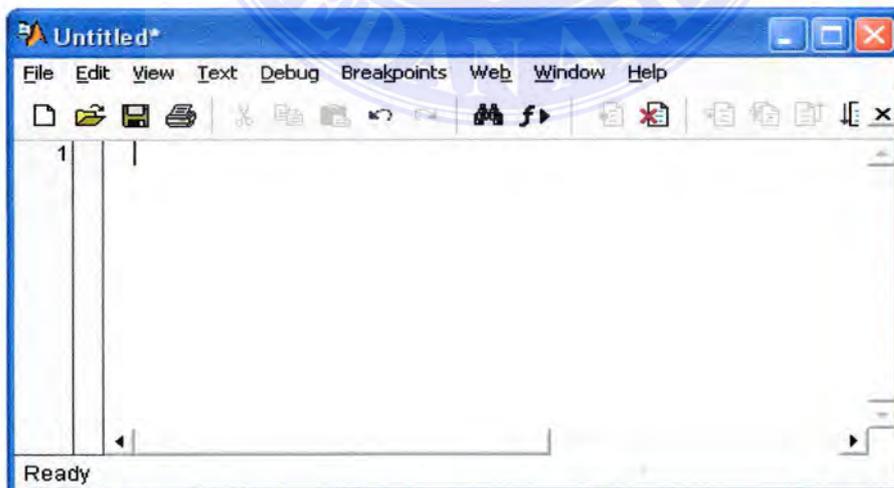
## II.4. Mengenal Dasar Matlab

*Command Windows* berfungsi untuk melihat hasil *running* dari M.File dan informasi jika terjadi *error*, model *command windows* matlab seperti gambar 2.3



Gambar 2.3 Command Windows

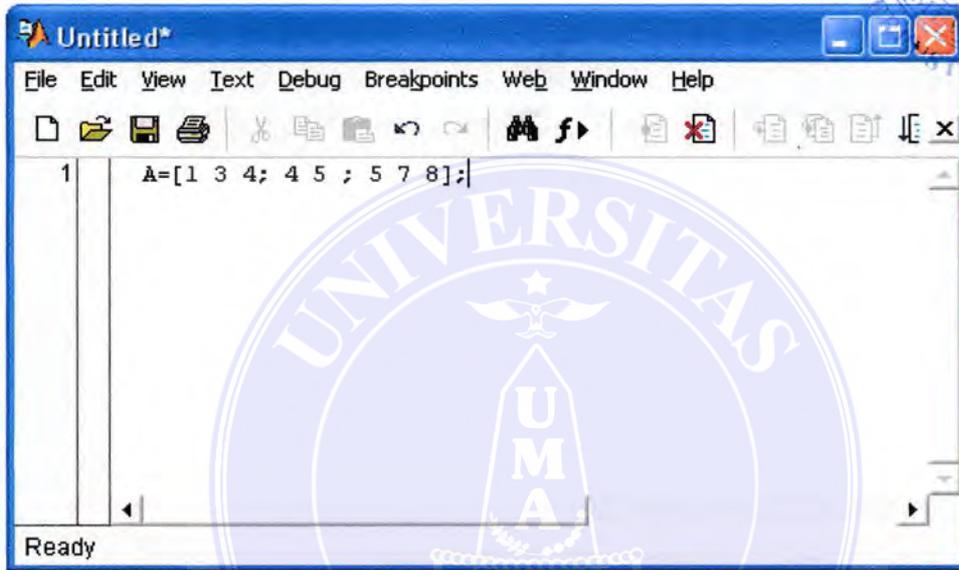
Untuk membuat matriks berdimensi 3x3, klik File→new → M.File, maka akan terbuka command windows M.File sebagai berikut :



Gambar 2.4. Jendela M.File Matlab

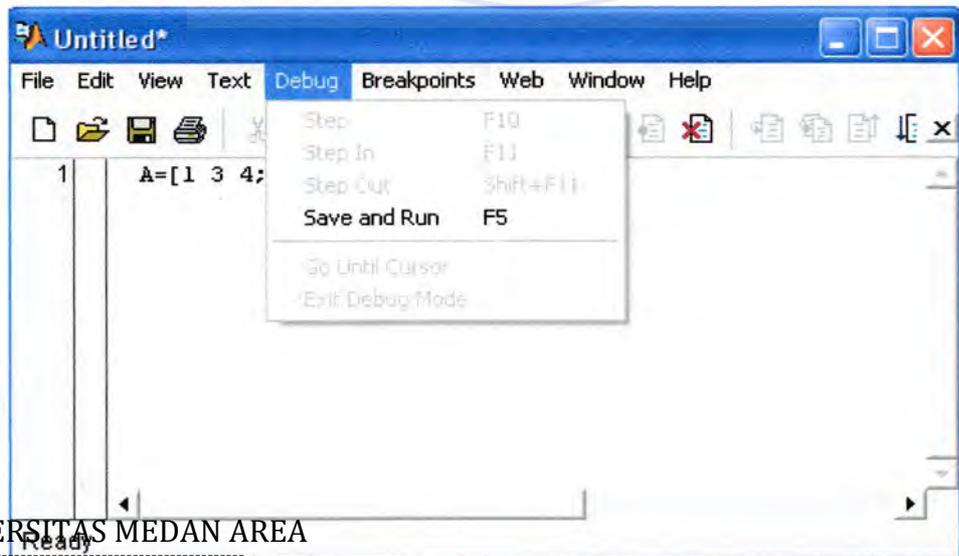
M.File berfungsi sebagai media pembuatan program. Contoh sederhana membuat matriks ketik pada m.File  $A=[1\ 3\ 4; 1\ 4\ 5; 5\ 7\ 8]$  → artinya bahwa matriks A berdimensi 3x3

Ketik pada M.File :

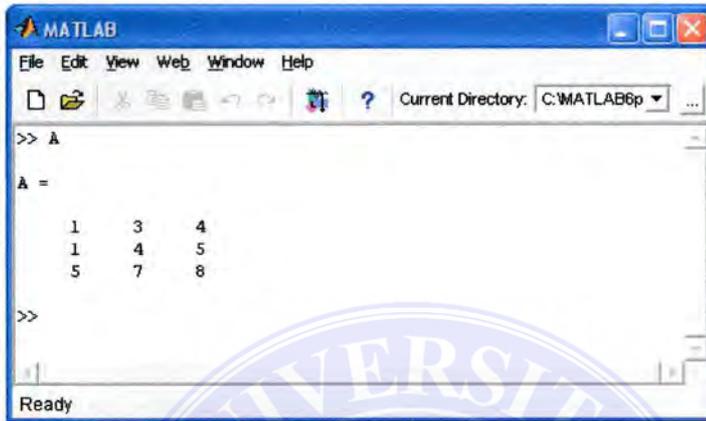


Gambar 2.5. Pola Pengetikan Matrik orde 3 pada M.File

Kemudian Klik *Debug*→*save and run*, data disimpan dan dijalankan.



Lalu pada Command Windows Matlab. Ketik  $A \rightarrow$  enter maka akan muncul matriks A



The screenshot shows the MATLAB Command Window interface. The title bar reads 'MATLAB'. The menu bar includes 'File', 'Edit', 'View', 'Web', 'Window', and 'Help'. The 'Current Directory' is set to 'C:\MATLAB6p'. The command prompt shows the user has entered '>> A'. The output displays the matrix A as follows:

```
A =  
    1    3    4  
    1    4    5  
    5    7    8
```

The status bar at the bottom indicates 'Ready'.

Gambar 2.7. Hasil running pada Command Windows

### BAB III

## TEORI ANALISIS HUBUNG SINGKAT PADA SISTEM TENAGA LISTRIK

### III.1. TEORI KOMPONEN SIMETRI

Sistem tak seimbang yang terdiri dari  $n$  fasor yang berhubungan dapat diuraikan menjadi  $n$  buah sistem dengan fasor seimbang yang dinamakan komponen-komponen simetris (*symmetrical components*) dari fasor aslinya. Tiga fasor tak seimbang dari sistem tiga fasa dapat diuraikan menjadi tiga fasor yang seimbang yaitu :

1. Komponen urutan positif (*positive components*) yang terdiri dari tiga fasor yang sama besarnya, terpisah satu dengan yang lain dalam fasa sebesar  $120^\circ$ , dan mempunyai urutan fasa yang sama seperti fasor aslinya.
2. Komponen urutan negatif yang terdiri dari fasor yang sama besarnya, terpisah satu dengan yang lain dalam fasa sebesar  $120^\circ$ , dan mempunyai urutan fasa yang berlawanan dengan fasor aslinya.
3. Komponen urutan nol yang terdiri dari tiga fasor yang sama besarnya dan dengan pergeseran fasa nol antara yang satu dengan yang lain<sup>[4]</sup>.

Huruf  $a$  biasanya digunakan untuk menunjukkan operator yang menyebabkan perputaran sebesar  $120^\circ$  dalam arah yang berlawanan dengan arah jarum jam. Operator semacam ini adalah bilangan kompleks yang besarnya satu dan sudut  $120^\circ$  dan didefinisikan sebagai

$$\begin{aligned} a &= 1 \angle 120^\circ = -0.5 + j0.866 \\ a^2 &= 1 \angle 240^\circ = -0.5 - j0.866 \end{aligned} \tag{3.1}$$

UNIVERSITAS MEDAN AREA  $0^\circ = 1$

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

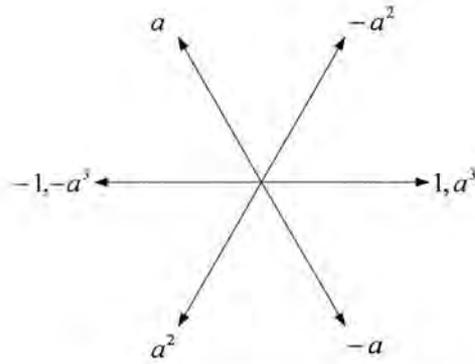
Document Accepted 6/9/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)6/9/23



Gambar 3.1. Fasor yang Melukiskan Berbagai Pangkat dari a.

Penguraian tiga fasor tak seimbang menjadi komponen simetris dalam bentuk matrik yaitu :

$$V_{abc} = A \cdot V_{012} \tag{3.2}$$

$$V_{012} = A^{-1} V_{abc} \tag{3.3}$$

Dengan dasar-dasar hubungan berikut :

$$\begin{aligned} V_{b1} &= a^2 V_{a1} & V_{c1} &= a V_{a1} \\ V_{b2} &= a V_{a2} & V_{c2} &= a^2 V_{a2} \\ V_{b0} &= V_{a0} & V_{c0} &= V_{a0} \end{aligned} \tag{3.4}$$

Sehingga :

$$V_a = V_{a1} + V_{a2} + V_{a0}$$

$$V_b = a^2 V_{a1} + a V_{a2} + V_{a0}$$

$$V_c = a V_{a1} + a^2 V_{a2} + V_{a0}$$

Dimana A adalah  $A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix}$  sehingga  $A^{-1}$  adalah  $A^{-1} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix}$

Dalam bentuk matriks maka :

$$\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{a0} \\ V_{a1} \\ V_{a2} \end{bmatrix} \quad (3.5)$$

dan

$$\begin{bmatrix} V_{a0} \\ V_{a1} \\ V_{a2} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} \quad (3.6)$$

$$I_a = I_{a1} + I_{a2} + I_{a0}$$

$$I_b = a^2 I_{a1} + a I_{a2} + I_{a0}$$

$$I_c = a I_{a1} + a^2 I_{a2} + I_{a0}$$

$$I_{a0} = \frac{1}{3} (I_a + I_b + I_c) \quad (3.7)$$

$$I_{a1} = \frac{1}{3} (I_a + a I_b + a^2 I_c)$$

$$I_{a2} = \frac{1}{3} (I_a + a^2 I_b + a I_c)$$

Dalam sistem tiga fasa, jumlah arus saluran sama dengan arus  $I_n$  dalam jalur kembali lewat netral. Jadi,

$$I_a + I_b + I_c = I_n \quad (3.8)$$

Maka,

$$I_n = 3I_{a0} \quad (3.9)$$

Jika tidak ada jalur yang melalui netral dari sistem tiga fasa,  $I_n$  adalah nol, dan arus saluran tidak mengandung komponen urutan nol. Suatu beban dengan hubungan  $\Delta$  tidak menyediakan jalur ke netral, dan karena itu arus saluran yang mengalir ke beban yang dihubungkan  $\Delta$  tidak dapat mengandung komponen urutan nol<sup>[4]</sup>.

## III.2. Impedansi Urutan Komponen Utama Sistem Tenaga Listrik

### III.2.1. Jaringan Urutan Generator

Rel pedoman untuk jaringan urutan positif dan negatif adalah netral generator tersebut. Bagi komponen urutan positif dan negatif itu sendiri netral generator berada pada potensial tanah jika diantara tanah terdapat sambungan yang mempunyai impedansi tertentu atau nol, karena sambungan tersebut tidak akan mengalirkan arus urutan positif atau negatif<sup>[4]</sup>..

Impedansi urutan nol total dimana mengalir arus  $I_{a0}$  adalah

$$Z_0 = 3Z_n + Z_{g0} \quad (3.10)$$

Persamaan untuk komponen jatuh tegangan dari titik a fasa a ke pedoman adalah :

$$\begin{aligned} V_{a1} &= E_a - I_{a1} \cdot Z_1 \\ V_{a2} &= - I_{a2} Z_2 \\ V_{a0} &= - I_{a0} Z_0 \end{aligned} \quad (3.11)$$

### III.2.2. Jaringan Urutan Mesin Sinkron

Pada umumnya, impedansi urutan positif, negatif dan nol dari mesin sinkron mempunyai harga yang berlainan<sup>[4]</sup>..

- Impedansi urutan positif

$X_d'$  = reaktansi sub-peralihan

$X_d''$  = reaktansi peralihan

$X_d$  = reaktansi sinkron

- Impedansi urutan negatif

$$Z_2 = jX_2 = j \left( \frac{X_d'' + X_q''}{2} \right) \quad (3.12)$$

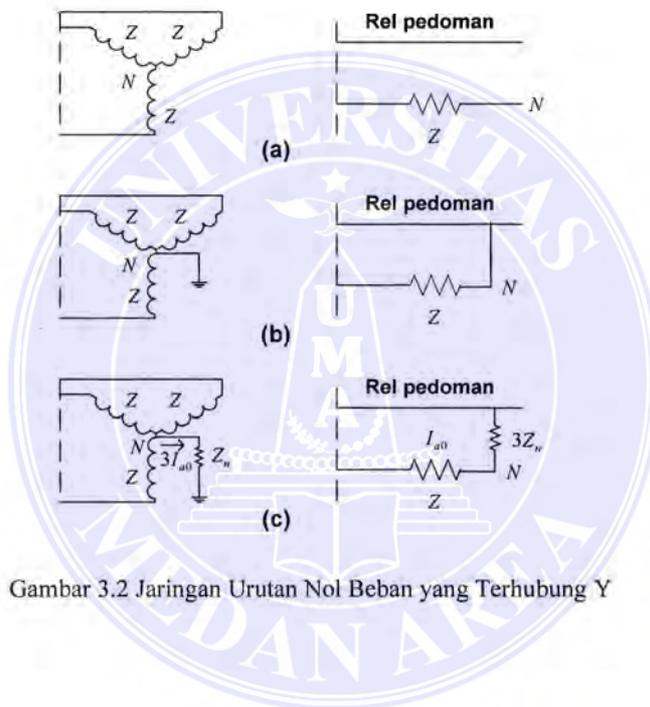
Pada mesin sinkron dengan rotor bulat, reaktansi sub-peralihan sama dengan reaktansi urutan negatif.

- Impedansi urutan nol

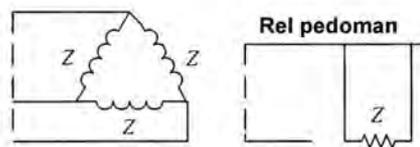
Mempunyai harga yang sangat bervariasi yang tergantung pada “pitch” dari kumparan jangkar. Harganya jauh lebih kecil dari impedansi urutan positif.

### III.2.3. Jaringan Urutan Beban

Jaringan urutan nol untuk beban yang terhubung Y dan  $\Delta$  dapat dilihat pada gambar berikut ini<sup>[4]</sup>..



Gambar 3.2 Jaringan Urutan Nol Beban yang Terhubung Y



Gambar 3.3. Beban Yang Terhubung  $\Delta$  dan Jaringan Urutan Nolnya

### III.2.4. Jaringan Urutan Transformator

Impedansi urutan positif dan negatif dari transformator sama, impedansi urutan nol sedikit berbeda (besarnya) dari impedansi urutan positif dan negatif, biasanya dianggap sama dengan impedansi urutan positif dan negatif.

$$Z_0 = Z_1 = Z_2 = Z_{\text{trafo}}$$

Ada atau tidaknya aliran arus urutan nol tergantung pada hubungan belitan transformator<sup>[4]</sup>..

LAMBANG	DIAGRAM-DIAGRAM HUBUNGAN	RANGKAIAN EKIVALEN URUTAN NOL

Gambar 3.4. Rangkaian Ekuivalen Urutan Nol Bangku Transformator Tiga Fasa

Keterangan masing-masing rangkaian ekivalen untuk masing-masing hubungan adalah sebagai berikut :

**Keadaan 1 :** Bangku Y-Y, dengan satu ditanahkan.

Jika ada satu dari netral bangku Y-Y tidak ditanahkan, maka arus urutan nol tidak dapat mengalir pada kedua gulungan. Tidak adanya jalur melalui salah satu gulungan mencegah mengalirnya arus pada gulungan yang lainnya. Jadi, terdapat rangkaian terbuka untuk arus urutan nol diantara kedua dari sistem yang dihubungkan oleh transformator itu.

**Keadaan 2 :** Bangku Y-Y, dengan kedua netralnya ditanahkan.

Bila kedua netral bangku Y-Y ditanahkan akan terdapat jalur lewat transformator untuk arus urutan nol kedua gulungannya. Asalkan arus urutan nol itu dapat mengikuti rangkaian lengkap diluar transformator pada kedua sisinya, arus itu dapat mengalir pada kedua gulungan transformator tersebut. Dalam jaringan urutan nol, titik-titik pada kedua sisi transformator dihubungkan oleh impedansi urutan nol transformator dengan cara yang sama seperti pada jaringan urutan positif dan negatifnya.

**Keadaan 3 :** Beban Y- $\Delta$ , Y ditanahkan.

Jika netral bangku Y- $\Delta$  ditanahkan, arus urutan nolnya akan mempunyai jalur ke tanah melalui Y karena arus imbasnya yang bersesuaian dapat beredar didalam  $\Delta$ . Arus urutan nol yang beredar didalam  $\Delta$  untuk mengimbangi arus urutan nol didalam Y tidak dapat mengalir pada saluran yang terhubung ke- $\Delta$ . Rangkaian ekivalennya harus menyediakan jalur dari saluran pada sisi Y melalui resistansi terbuka harus terdapat diantara saluran dan rel pedoman pada sisi  $\Delta$ . Jika hubungan antara netral dan tanah mengandung impedansi  $Z_n$ , maka rangkaian ekivalen harus mempunyai impedansi sebesar  $3 Z_n$  yang sering dengan resistansi dan reaktansi bocor ekivalen transformator

UNIVERSITAS MEDAN AREA pada sisi Y ke tanah.

#### **Keadaan 4 : Bangku Y- $\Delta$ .**

Y tidak ditanahkan. Bila Y tidak ditanahkan sama halnya dengan keadaan dimana impedansi  $Z_n$  diantara netral dan tanah adalah tak terhingga. Impedansi 3  $Z_n$  pada rangkain ekivalen dalam keadaan 3 untuk impedansi urutan nol menjadi tak terhingga. Arus urutan nol tidak dapat mengalir pada gulungan transformator itu.

#### **Keadaan 5 : Bangku $\Delta$ - $\Delta$ .**

Karena rangkaian  $\Delta$  tidak menyediakan jalur kembali untuk arus urutan nol, arus urutan nol tidak dapat mengalir ke dalam bangku  $\Delta$ - $\Delta$ , meskipun arus tersebut dapat beredar didalam gulungan  $\Delta$ -nya.

### **III.3. Hubung Singkat**

#### **III.3.1. Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa**

Gangguan hubung singkat tiga fasa menyebabkan mengalirnya arus gangguan pada ketiga fasa tersebut. Arus-arus ini besarnya sama dan simetri sehingga mengalir hanya arus komponen positif saja<sup>[2]</sup>. Keadaan sistem selama terjadi gangguan adalah sebagai berikut:

$$V_0 = Z_f I_0$$

$$V_1 = Z_f I_1$$

$$V_2 = Z_f I_2$$

(3.13)

$$I_a = I_b = I_c$$

$$I_a = I_{a0} + I_{a1} + I_{a2} = I_{a1}$$

$$I_{a2} = I_{a0} = 0$$

Persamaan diatas menunjukkan bahwa arus maupun tegangan pada keadaan gangguan tiga fasa tidak mengandung unsur urutan nol maupun impedansi negatif sehingga untuk

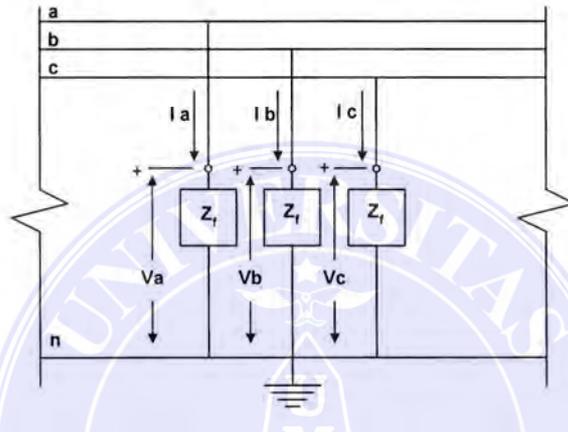
gangguan tersebut  $Z_F = 0$  karena pada gangguan hanya dipengaruhi oleh  $Z_1$ . Dari gambar diperoleh bahwa<sup>[2]</sup>:

$$I_0 = I_2 = 0$$

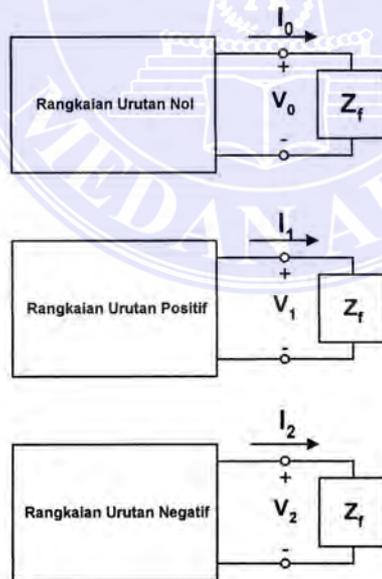
$$V_0 = V_2 = 0$$

(3.14)

$$I_{a1} = \frac{V_a}{Z_1}$$



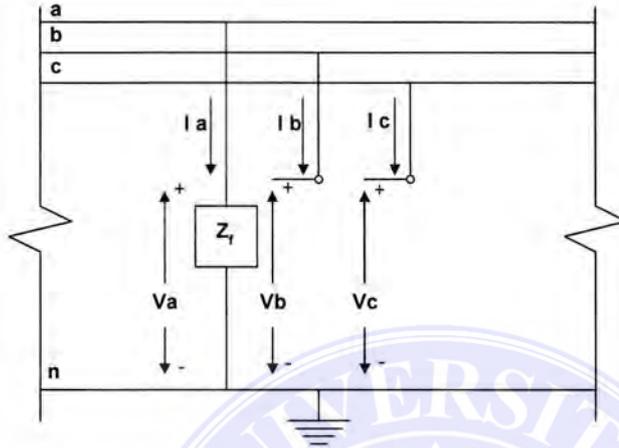
Gambar 3.5. Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa



Gambar 3.6. Rangkaian Pengganti Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa

### III.3.2. Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Ketaanah

Gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah ditunjukkan pada gambar dibawah ini dimana keadaan sistem selama gangguan adalah :



Gambar 3.7 Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Ketaanah

$$I_b = I_c = 0$$

$$V_a = I_a Z_f$$

$$I_b = I_c$$

$$I_0 + a^2 I_1 + a I_2 = I_0 + a I_1 + a^2 I_2$$

$$(a^2 - a) I_1 = (a^2 - a) I_2$$

$$I_1 = I_2$$

(3.15)

Sehingga

$$I_b = I_0 + a^2 I_1 + a I_2 = 0$$

$$I_0 + (a^2 + a) I_1 = 0$$

$$I_0 = -(a^2 + a) I_1$$

$$I_0 = I_1$$

(3.16)

Maka

$$V_a = Z_f I_a$$

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 6/9/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

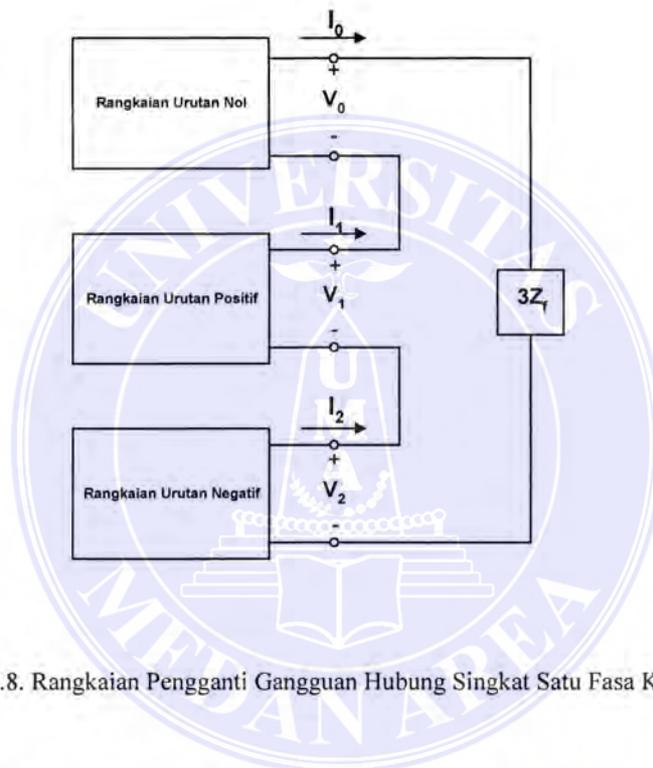
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area  
 Access From (repository.uma.ac.id)6/9/23

$$\text{Jadi } V_0 + V_1 + V_2 = Z_f(I_0 + I_1 + I_2)$$

$$V_0 + V_1 + V_2 = 3Z_f I_1 \quad (3.17)$$

Dari rangkaian pengganti didapatkan :

$$I_{a1} = \frac{V_a}{Z_1 + Z_2 + Z_3 + 3Z_f} \quad (3.18)$$



Gambar 3.8. Rangkaian Pengganti Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Ketanah

Dari Gambar 3.8 memperlihatkan bahwa jika terjadi gangguan satu fasa ketanah maka hubungan rangkaian urutan positif, negatif dan nol terhubung secara seri.

## BAB V

### PENUTUP

#### V.1. Kesimpulan

Hasil penelitian perbandingan gangguan satu fasa ketanah dengan gangguan tiga fasa dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Arus gangguan hubung singkat, baik gangguan hubung singkat tiga fasa maupun gangguan satu fasa ketanah menyebabkan terjadinya kenaikan arus yang cukup besar mencapai 2 sampai 3 kali lebih besar dari arus nominal berdasarkan pada Tabel 4.2. Tabel Hasil Perbandingan. Jika arus gangguan ini dibiarkan berlangsung lama akan mengganggu pelayanan terhadap konsumen dan akibat yang lebih fatal dapat merusak peralatan-peralatan utama pada sistem tenaga listrik seperti generator, transformator maupun kerusakan pada bahan isolasi dan penghantar saluran
2. Gangguan hubung singkat tiga fasa memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan gangguan satu fasa ketanah.

#### V.2. Saran

1. Diperlukan penelitian lanjutan untuk melihat pengaruh gangguan terhadap sistem tenaga listrik dan penentuan kemampuan peralatan proteksi untuk menetralkan arus gangguan yang dapat merusak peralatan tersebut.
2. Penelitian ini bisa dilanjutkan oleh mahasiswa Teknik Elektro yang ingin mendalami lebih jauh tentang gangguan hubung singkat dengan menggunakan Matlab.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Djiteng Marsudi.” *Operasi Sistem Tenaga Listrik, Edisi pertama*”, Graha Ilmu Yogyakarta, 2006.
- [2] Heru Dibyo Laksono ” *Studi Hubung Singkat Untuk Gangguan Tiga Fasa Pada Sistem Tenaga Listrik* ”, <http://repository.unand.ac.id/id/eprint/1091>. No.29 ISSN:0854-8471 Vol 1 Thn XV, April 2008.
- [3] Nie’s Blog, “*Pengertian Matlab*”, <http://omega1902.blogspot.com/2009/12/matlab.html>, Desember 2009
- [4] William D. Stevenson, Jr, “*Analisis Sistem Tenaga Listrik, Edisi Keempat*”, Erlangga, 1995.
- [5] Nader Samaan, Robert Z, J Charles Smith,” *Modeling Of Wind Power Plant For Shor Circuit Analysis in The Transmisson Network*”, IEEE Trans. Power System ©, 2008.
- [6] Dong-Hee dkk, “ *A Study on The Power System in Jeju Island After 2011*”, The International Conference On Electrical Engineering, 2009.
- [7] B. de Metz-Noblat, F Dumas C. Poulain,” *Calculation Of Short Circuit Currents*”, Cahier technique no. 158. Code: <http://www.schneider-electric.com>. ©, September 2005.
- [8] Moh. E El Hawary “*Electrical Power System* “ IEEE Press, 1983.

