

**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK S-1**

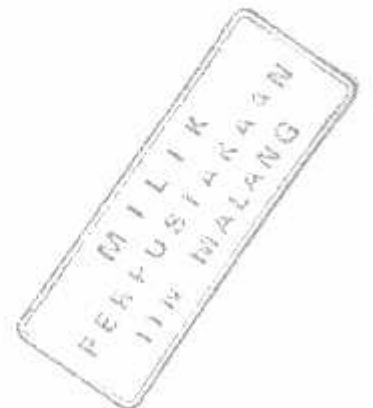


**ANALISA GANGGUAN *VOLTAGE DIPS*  
PADA SISTEM DISTRIBUSI 20 kV SERTA  
PENGARUHNYA TERHADAP PERALATAN LISTRIK**

**S K R I P S I**

**Disusun Oleh :  
Ari Cahyo Pratomo  
Nim : 96.12.013**

**MARET 2006**



**LEMBAR PERSETUJUAN**

**ANALISA GANGGUAN *VOLTAGE DIPS*  
PADA SISTEM DISTRIBUSI 20 kV SERTA  
PENGARUHNYA TERHADAP PERALATAN LISTRIK**



**SKRIPSI**

*Disusun Dan Diajukan Untuk Melengkapi dan Memenuhi Syarat  
Guna Mencapai Gelar Sarjana Teknik*

*Disusun Oleh :*  
**ARI CAHYO PRATOMO**  
NIM : 96.12.013

**Mengetahui,**  
**Ketua Jurusan Teknik Elektro**

**Disetujui,**  
**Dosen Pembimbing**



**Ir. E. YUDI I. IMPRAPTONO, MT**  
NIP. 103 0500 274



**Ir. H. TAUFIK HIDAYAT, MT**  
NIP. 101 8700 151

**KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

# LeMbaR PerSeMbaHan

Puji syukur "ALHAMDULILLAH" dari lubuk Hati yang Ter-dalam pada S.W.T yang telah memberi limpahan Rahmat dan Hidayah-NYA.

Serta kemudahan dan kelancaran dalam menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

Kupersembahkan SKRIPSI ini untuk ke-2 Ortu yang selalu memberi Do'a, nasehat, dan dorongan semangat agar Tetap LUTUS.

*To all my brother and my sister,*

Terima kasih pada kakak-kakak-ku dan ade-ade-ku tersayang : Bayu (Be), Eny, Rachaella, Anin-Abie, Kris-Dha, Yani, Rini dan Phita ( Si Inoet VIZEt ) atas doa + dorongan semangatnya. Makasih bwat kepedulian kalian smua. ILvU All

## SpECiALy Thank's FoR :

Makasih - Cayank ( Mommy + D' + Bin ), Atas Do'a, Support + perhatian selama ini. Dengan tulus dan sabar menanti serta pantang menyerah.

*" I Love + Miss U For 3Ver Honey "*

Trims BWAT NonE Jewel "JaNg-Geum" In The Palace dan Ade J3pink '02 yang menginspirasi ku untuk Tetap semangat + sabar + Tenak Bwat My 6701Max yg Slalu Mnemani kmua-puk-ku-Palau.

- Do Your tmoSt, GoD shall do the Rest
- do Only the Right Thing foR do only THE Right reAson
- Happiness is a parfume you cannot pour On others without getting a few drops On Yourself

Kebahagiaan adalah parfume yang tidak dapat anda sebarikan ke Orang lain sebelum anda merasakan dulu ke diri anda..... (Ralph Waldo Emerson)



- o "Tiada suatu nafas berhenbus darimu, kecuali diSitu takdir ALLAH berlaku padamu"
- o "Siapa yang merasakan buah Amal-nya didunia, maka itulah bukti bahwa di Akhirat amal-nya diterima"

(..... AL-HIKAM Rampai Hikmah Ibn'Atha 'illah)



Present By : A. C4Hy0 2006

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	ii
<b>ABSTRAK</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iv
<b>DAFTAR ISI</b> .....	v
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	ix
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar belakang .....	1
1.2. Permasalahan .....	2
1.3. tujuan penulisan .....	2
1.4. Batasan masalah.....	3
1.5. Metodologi .....	3
1.6. Sistematika penulisan .....	4
<b>BAB II. KEDIP TEGANGAN PADA SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK</b>	
2.1. Struktur jaringan distribusi .....	6
2.2. Gangguan pada sistem distribusi 20 kV .....	8
2.3. Kedip tegangan .....	9
2.4. Fluktuasi tegangan .....	11
2.4.1. Fluktuasi tegangan pada lampu pijar .....	12
2.4.2. Fluktuasi tegangan pada lampu neon .....	12
2.5. Variasi tegangan .....	13
2.6. Sistem proteksi .....	15
<b>BAB III. PENYEBAB KEDIP TEGANGAN DAN CARA MEMPERBAIKINYA</b>	
3.1. Dasar perhitungan penyebab kedip tegangan .....	16

3.1.1. Komponen simetris .....	17
3.1.2. Komponen urutan positif, negatif dan nol .....	18
3.1.3. Operator a .....	19
3.1.4. Komponen simetris fasor tak simetris .....	20
3.2. Menentukan impedansi sumber .....	22
3.3. Menentukan impedansi urutan transformator .....	23
3.4. Impedansi urutan saluran .....	23
3.5. Impedansi gangguan .....	25
3.6. Persamaan umum gangguan hubung singkat .....	25
3.6.1. Gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah .....	25
3.6.2. Gangguan hubung singkat dua fasa .....	28
3.6.3. Gangguan hubung singkat tiga fasa .....	30
3.7. Karakteristik kedip tegangan .....	31
3.7.1. Penyebab gangguan .....	32
3.7.2. Variasi durasi dan kedalamannya (Amplitudo) .....	33
3.7.3. Ketidak seimbangan tegangan .....	35
3.7.4. Pergeseran fasa .....	36
3.7.5. Perubahan beban .....	37
3.8. Perubahan tegangan pada lampu pijar .....	38
3.8.1. Pengasutan motor .....	39
3.8.2. Pengoperasian serempak .....	41
3.8.3. Cara memperbaikinya .....	43

#### **BAB IV. ANALISA KEDIP TEGANGAN**

4.1. Dasar perhitungan arus gangguan .....	45
4.1.1. Impedansi sumber .....	45
4.1.2. Impedansi transformator .....	46
4.1.3. Impedansi saluran .....	47
4.2. Perhitungan arus gangguan .....	49
4.2.1. Arus gangguan hubung singkat satu fasa ketanah .....	49
4.2.1.1. Hubung singkat di pangkal saluran .....	49
4.2.1.2. Hubung singkat di ujung saluran .....	50

4.2.2. Arus gangguan hubung singkat dua fasa .....	51
4.2.2.1. Hubung singkat di pangkal saluran .....	51
4.2.2.2. Hubung singkat di ujung saluran .....	52
4.2.3. Arus gangguan hubung singkat    hubung singkat tiga fasa .....	52
4.2.3.1. Hubung singkat di pangkal saluran .....	53
4.2.3.2. Hubung singkat di ujung saluran .....	53
4.3. Karakteristik kedip tegangan .....	54
4.3.1. Instalasi yang mengalami gangguan .....	55
4.3.1.1 Hubung singkat di pangkal saluran .....	55
4.3.1.2. Hubung singkat di ujung saluran .....	56
4.3.2. Instalasi yang tidak mengalami gangguan .....	59
4.3.2.1 Hubung singkat di pangkal saluran .....	59
4.3.2.2. Hubung singkat di ujung saluran .....	60
4.3.3. Toleransi kedip tegangan .....	62
4.3.4. Perhitungan ketidak seimbangan tegangan .....	63
4.3.4.1. Hubung singkat di pangkal saluran .....	63
4.3.4.2. Hubung singkat di ujung saluran .....	65
4.3.5. Pergeseran fasa .....	67

## **BAB V. KESIMPULAN**

Kesimpulan .....	70
------------------	----

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 LATAR BELAKANG

Perkembangan teknologi semi konduktor, umumnya pada peralatan atau mesin produksi telah membawa suatu era industri pada tingkat efisiensi dan standart kualitas produk yang makin tinggi.

Hal ini telah menuntut adanya suatu standart mutu tenaga listrik sebagai pemasok energi alat-alat produksi, khususnya peralatan kontrol dan alat-alat kendali otomatis. Untuk itu peningkatan mutu tenaga listrik perlu diperhatikan dalam penyaluran tenaga listrik. Terutama masalah kedip tegangan yang terjadi pada sistem distribusi tenaga listrik. Dimana pengaruh kedip tegangan yang terjadi pada sistem distribusi tenaga listrik sangat mengganggu para konsumen pemakai tenaga listrik.

Gangguan kedip tegangan merupakan gangguan yang paling sering terjadi, sehingga dapat mengganggu peralatan kontrol atau elektronika daya modern yang pada umumnya sensitive terhadap variasi tegangan. Gangguan kedip tegangan dapat berdampak besar pada suatu industri dimana akibat gangguan kedip tegangan dapat menimbulkan tidak normalnya produksi/ kerusakan, bahkan bisa mengalami kegagalan suatu produksi.

Gangguan kedip tegangan ( *Voltage Dips* ) disebabkan oleh jaringan distribusi yang mengalami hubung singkat Satu fasa ke Tanah, Dua fasa, Tiga fasa, dan Switching. Sedangkan dari beban yang dapat menimbulkan kedip tegangan antara lain adalah : Tanur busur (mesin las listrik ), Starting motor listrik

yang berkapasitas besar. Jadi kedip tegangan dapat terjadi pada jaringan distribusi maupun pada instalasi konsumen listrik itu sendiri

## **1.2 PERMASALAHAN**

Kedip tegangan adalah kondisi real yang terjadi pada pasokan tenaga listrik yang dampaknya terhadap peralatan konsumen dapat di kurangi dengan pertimbangan prioritas produksi, dalam hal ini peralatan yang sensitif terhadap kedip tegangan. Untuk itu diperlukan analisis untuk mengetahui:

Seberapa besar kedip tegangan yang terjadi pada sistem distribusi tenaga listrik yang diakibatkan oleh arus gangguan hubung singkat (satu fasa ketanah) dan akibatnya terhadap sistem distribusi tenaga listrik tersebut .

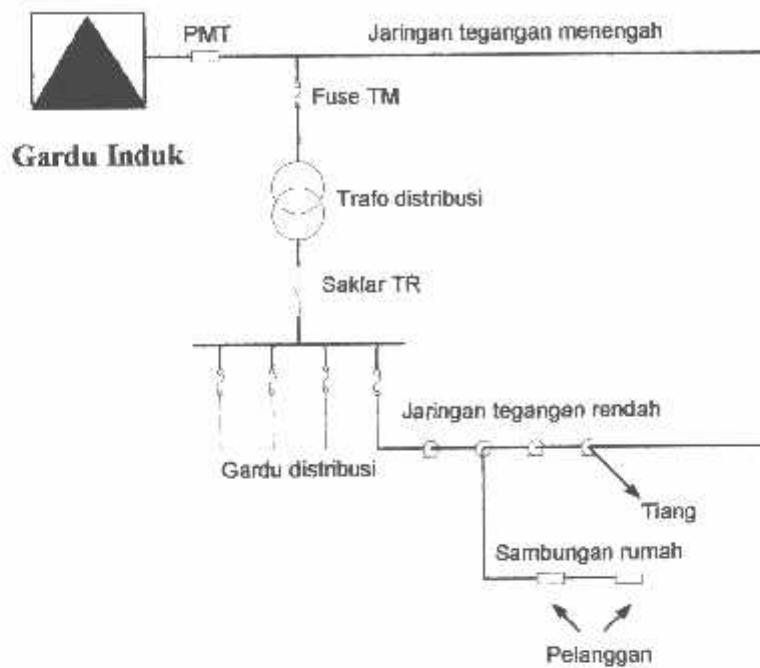
Sehubungan dengan adanya permasalahan diatas maka skripsi ini diberi judul:

***“ANALISA GANGGUAN *VOLTAGE DIPS****  
**PADA SISTEM DISTRIBUSI 20 kV**  
**SERTA PENGARUHNYA TERHADAP PERALATAN LISTRIK**

## **1.3 TUJUAN PENULISAN**

Tujuan yang ingin dicapai dalam penulisan skripsi ini adalah untuk mengetahui besar kedip tegangan yang terjadi pada sistem distribusi tenaga listrik, yang diakibatkan oleh arus gangguan hubung singkat (satu fasa ketanah) dan akibatnya terhadap sistem distribusi tenaga listrik tersebut .

dilakukan tindakan dalam pemeliharaan untuk mengurangi terjadinya kedip tegangan.



Gambar 2.1

Jaringan distribusi tegangan menengah (JTM)

Jaringan Tegangan Rendah (JTR)

Sambungan Rumah Pelanggan<sup>[1]</sup>

## 2.1. STRUKTUR JARINGAN DISTRIBUSI<sup>[1]</sup>

Struktur jaringan yang berkembang di suatu daerah merupakan kompromi antara alasan-alasan teknis dari satu pihak dan ekonomis dipihak lain. Keduanya ditekankan pada kebutuhan penggunaan, batas-batas keandalan dan stabilitas dari kelangsungan pelayanan.

Dari segi keandalan suatu jaringan dapat dikategorikan dalam dua struktur jaringan diantaranya adalah :

1. Jaringan dengan satu sumber pengisian : cara penyaluran ini merupakan yang paling sederhana sehingga apabila terjadi gangguan akan mengakibatkan kedip tegangan sampai dengan 100%
2. Jaringan dengan beberapa sumber pengisian : jaringan ini memiliki tingkat keandalan yang lebih tinggi, namun dilihat dari segi ekonomisnya lebih mahal karena penggunaan perlengkapan penyaluran yang lebih banyak. Apabila terjadi gangguan pemadaman dapat di tiadakan atau paling tidak dapat dikurangi.

Secara umum penyaluran saluran distribusi dibedakan menjadi tiga macam jaringan, antara lain:

1. Jaringan dengan pola radial
2. Jaringan dengan pola lingkaran (Loop)
3. Jaringan dengan pola anyaman (Mesh atau Grid)

Dalam praktek penggunaan atau penerapan macam struktur jaringan tersebut dapat berupa kombinasi dari masing-masing pola jaringan yang telah disebutkan diatas. Pemilihan macam struktur jaringan tegangan menengah (JTM) tergantung pada kualitas pelayanan yang diinginkan. Kualitas pelayanan mempunyai beberapa unsur, antara lain:

1. Kelangsungan pelayanan (kontinuitas pelayanan)
2. Pengaturan tegangan
3. Tegangan kedip yang diijinkan

Adanya ketentuan mengenai pengaturan tegangan dan batas tegangan kedip, maka suatu distribusi dapat dikontrol. Persoalan utama adalah memilih

komponen-komponen peralatan dari sistem tersebut, serta setting dari peralatan proteksi yang mempengaruhi kedip tegangan yang terjadi.

## 2.2 GANGGUAN PADA SISTEM DISTRIBUSI 20 kV <sup>[3]</sup>

Masalah utama dalam penyaluran tenaga listrik pada sistem distribusi adalah terjadinya gangguan. Gangguan kedip tegangan yang terjadi dapat diklasifikasikan pada sistem penyuplainya baik suplai yang menggunakan saluran kabel tanah ( Under ground cabel ) maupun saluran udara (Over head lines).

Untuk sistem suplai yang menggunakan kabel tanah terdapat dua macam penyebab gangguan yaitu:

Yang berasal dari dalam yaitu :

1. Berupa tegangan dan arus abnormal
2. Pemasangan yang kurang baik
3. Umur peralatan
4. Beban listrik

Sedangkan penyebab gangguan yang berasal dari luar berupa gangguan mekanis diantaranya:

1. Akibat pekerjaan galian
2. Kendaraan-kendaraan yang lewat di atasnya
3. Denyut kilat lewat saluran udara
4. Binatang dan deformasi tanah.

Untuk sistem suplai dengan saluran udara sebagian besar penyebab gangguan disebabkan oleh pengaruh dari luar yaitu:

Angin, pohon, petir, kegagalan peralatan, saluran, manusia, binatang, benda asing, hujan, dan cuaca.

Jenis gangguan kedip tegangan yang terjadi pada sistem tiga fasa secara umum dibagi dua dalam kategori yaitu:

1. Gangguan hubung singkat pada sistem distribusi tenaga listrik
2. Gangguan karena instalasi konsumen

Dalam kategori pertama gangguan kedip tegangan yang sering terjadi pada sistem tenaga listrik diakibatkan oleh:

1. Gangguann hubung singkat satu fasa ketanah
2. Gangguan hubung singkat dua fasa
3. Gangguan hubung singkat tiga fasa

Gangguan pada sistem distribusi berdasarkan sifatnya terbagi atas dua kelompok, antara lain:<sup>[4]</sup>

1. Gangguan yang bersifat temporer (sementara)
2. Gangguan yang bersifat permanen (pemadaman)

Pada saat terjadi gangguan yang bersifat temporer diharapkan peralatan recloser bekerja untuk pelepasan beban pada penghantar, namun disisi lain akan menimbulkan dua kali kedip tegangan jika gangguan tersebut bersifat permanen.

### 2.3 KEDIP TEGANGAN <sup>[5]</sup>

Kedip tegangan merupakan kondisi perubahan tegangan berupa penurunan tegangan sesaat (antara 0,5 sampai dengan beberapa detik ), dengan harga antara 0,1 sampai dengan 0,9 PU, walaupun berlangsungnya hanya sesaat tetapi dampak yang ditimbulkannya dapat berakibat besar yaitu terganggunya konsumen tertentu.

Pada sebagian konsumen, terutama konsumen yang memakai peralatan yang sensitif terhadap kedip tegangan, gangguan ini dapat mengakibatkan peralatan tidak berfungsi normal atau bahkan bisa mengalami kerusakan atau terhenti sama sekali bahkan sampai mengalami kegagalan produksi.

Adapun hal yang menyebabkan tegangan kedip adalah sebagai berikut:

1. Sumber kedip tegangan
  - Switching
  - Gangguan temporer atau permanen
  - Proses pembusuran
2. Penyebab trip pada sistem drive tipical
  - Under voltage setting pada drive terlalu tinggi (critical under voltage)
  - Time delay untuk critical under voltage terlalu pendek
  - Kepekaan (sensitivitas) drive terhadap flicker tidak sama
  - Interloc antar drive

Drop tegangan yang terjadi pada sistem distribusi tenaga listrik yang diakibatkan beban industri pada umumnya berfluktuasi dan biasanya disebut kelip atau flicker. Drop tegangan akibat arus asut motor besar di industri dan drop tegangan akibat gangguan hubung singkat di sistem umumnya hanya terjadi selama beberapa mili detik dan kemudian tegangan normal kembali.

Setiap gangguan hubung singkat di penghantar akan menyebabkan kedip tegangan di penghantar tersebut atau pada penghantar lainnya yang terhubung pada titik sambung bersama dalam satu transformator. Lama kedip tegangan yang terjadi, tergantung pada proses pemutusan gangguan oleh sistem proteksi.<sup>[4]</sup>

Dampak kedip tegangan terhadap peralatan listrik dapat disebabkan oleh durasi dan kedalaman kedip. Durasi kedip tergantung pada lamanya pemutusan gangguan. Sedangkan kedalaman kedip tergantung dari lokasi gangguan, Impedansi sistem, dan impedansi gangguan, jenis gangguan, hubungan trafo, sistem pentanahan serta tegangan pragangguan.<sup>[4]</sup>

Fenomena kedip tegangan sebagai penyebab gangguan flicker dapat dibagi menjadi dua kategori yaitu kedip tegangan nonsiklik, merupakan fluktuasi tegangan periodik dengan frekuensi tidak menentu, pada umumnya diakibatkan oleh beroperasinya tanur busur listrik, kategori kedua adalah kedip tegangan siklik yang berfrekuensi sangat rendah atau kedip sesaat seperti kedip tegangan karena gangguan jaringan atau karena pengasutan motor listrik.<sup>[10]</sup>

#### 2.4. FLUKTUASITEGANGAN<sup>1)</sup>

Bila beban yang dicatu oleh sebuah rangkaian berubah, jatuh tegangan pada saluran juga berubah. Maka konsumen lain akan merasakan naik turunnya tegangan atau yang dikenal dengan fluktuasi tegangan. Fluktuasi tegangan ini akan menyebabkan terjadinya kedip tegangan yang sangat serius bila fluktuasinya berkisar 0,3 - 1%. Tingkat kedip ini tergantung pada beberapa faktor dan tingkatan. Besar kedip tegangan ini umumnya berbeda tingkatannya untuk setiap individu. Seseorang mungkin merasa terganggu oleh fluktuasi tegangan tertentu sedang orang lain mungkin tidak merasakan hal yang sama, dan tingkat gangguan kedip yang terjadi berbeda tingkatannya mulai dari kedip yang paling ringan sampai pada tingkat kedip yang paling berat hingga dapat mengakibatkan pusing atau mata merasa tertekan karena kedipan cahaya lampu. Faktor lain yang

mempengaruhi tingkat pengaruh kedip antara lain jenis lampu, kondisi ruangan, intensitas cahaya, dan besarnya variasi tegangan.

#### **2.4.1 FLUKTUASI TEGANGAN PADA LAMPU PIJAR<sup>[6]</sup>**

Lampu pijar adalah suatu lampu yang terbuat dari masa logam (tungsten) yang dialiri arus listrik sehingga menjadi pijar dan cahaya yang ditimbulkannya sangat tergantung pada temperatur tungsten. Kemampuan temperatur dipengaruhi oleh panas yang dibangkitkan kawat pijar dan besar kawat yang hilang melalui dinding lampu.

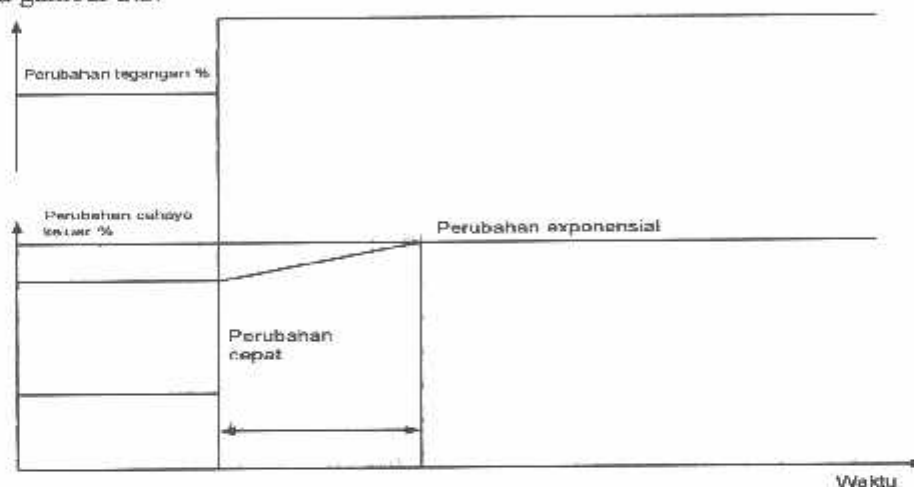
Prosentase perubahan tegangan ( $p$ ) dapat dilakukan dengan pengukuran secara foto metrik. Untuk berbagai jenis lampu pijar, harga  $p$  (watt) mempunyai harga tidak sama, misalnya untuk lampu pijar 15 watt sampai 1500 watt harga  $p$  (watt) berkisar antara 4,1% sampai 3,4% dan untuk praktisnya perubahan cahaya adalah 3,8 kali perubahan tegangan yang menyebabkannya. Perubahan cahaya yang mengikuti perubahan tegangan mendadak adalah eksponensial dan tetapan waktunya sebanding dengan kapasitas panas (massa  $\times$  panas jenis) dari kawat pijar dan berbanding terbalik dengan panas yang hilang. Tetapan waktunya sebanding dengan kemampuan arus/ lampu pijar.

#### **2.4.2 FLUKTUASI TEGANGAN PADA LAMPU NEON<sup>[11]</sup>**

Pada lampu pendar kemantapan perubahan cahaya yang disebabkan oleh perubahan tegangan sangat tergantung pada sifat lampu dan balast, begitu pula perubahan cahaya untuk perubahan tegangan yang besar. Tidak sama dengan perubahan cahaya untuk perubahan tegangan yang kecil. Harga  $p$  dari lampu

pendar kurang peka terhadap fluktuasi tegangan jika dibanding dengan lampu pijar.

Begitu pula dengan lampu air (mercury) sifat-sifatnya sangat tergantung pada rancangan lampu dan balastnya. Harga p untuk lampu dengan harga 80 Watt sampai 400 Watt adalah 2,3%, untuk lampu sodium harga p adalah 0,5%. Pada perubahan tegangan mendadak untuk lampu pendar sifatnya berbeda dengan lampu pijar. Dengan perubahan tegangan yang mendadak cahaya akan mengikutinya dan kemudian akan berubah secara *exponensial* hal ini dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar2-2

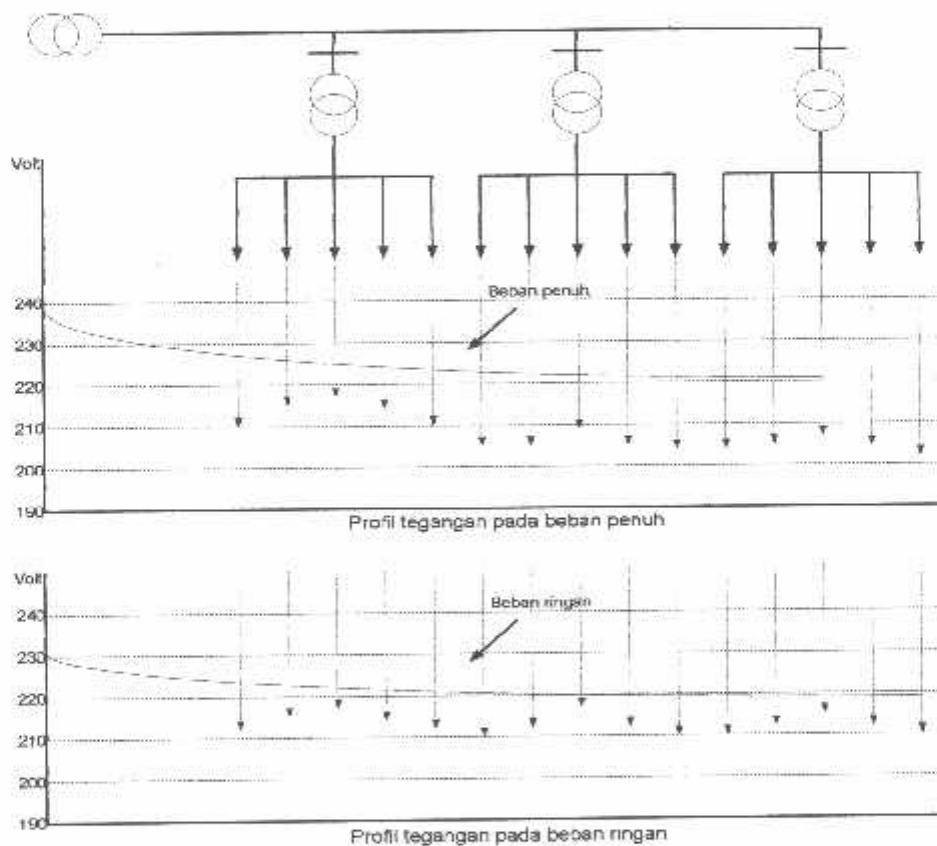
Reaksi perubahan lampu pendar terhadap perubahan tegangan mendadak

## 2.5 VARIASI TEGANGAN<sup>[2]</sup>

Tegangan tidak konstan diakibatkan pada impedansi dari jaringan yang mencatu beban, dengan kata lain tegangan pada sistem distribusi tenaga listrik bervariasi pada setiap pelanggan. Variasi tegangan ini mempunyai batas toleransi tertentu, untuk Indonesia toleransi tegangan pelayanan yang diizinkan didasarkan

pada standart PLN 1:1978 dimana ditentukan bahwa variasi tegangan pelayanan pada para pelanggan sebagai akibat jatuh tegangan, karena adanya perubahan beban, maksimum  $-5\%$  dan minimum  $-10\%$  dari tegangan nominalnya.

Maka variasi tegangan yang dipengaruhi oleh beban para pelanggan dapat dilihat pada gambar 2.3. Dimana diperlihatkan bahwa pada keadaan beban berat, pelanggan yang terdekat dengan sumber tegangan, misal 224 Volt dan pelanggan yang terjauh 204 Volt. Pada beban ringan tegangan yang terdekat dengan sumber 226 Volt dan yang terjauh dari sumber 216 Volt, dengan catatan bahwa trafo distribusinya tanpa sadapan (tapping) dan di Gardu Induk tegangan untuk jaringan tegangan menengahnya dapat diatur.



Gambar 2.3 Variasi Tegangan Pelayanan<sup>[1]</sup>

## 2.6 SISTEM PROTEKSI<sup>1)</sup>

Tujuan utama sistem proteksi adalah untuk melindungi peralatan-peralatan yang terpasang pada jaringan distribusi jika sistem bekerja abnormal. Disamping itu juga sistem proteksi di harapkan mampu melokalisir luas atau daerah yang terganggu serta memberikan proteksi pada manusia terhadap bahaya yang ditimbulkan oleh listrik.

Agar suatu sistem proteksi dapat dikatakan baik dan benar (dapat bereaksi dengan cepat, tepat, dan murah), maka pemilihan sistem proteksi dapat perlu dilakukan dengan seksama dengan memperhatikan faktor sebagai berikut:

1. Macam saluran yang diamankan
2. Pentingnya saluran yang diamankan
3. Kemungkinan banyaknya gangguan yang terjadi
4. Faktor ekonomis sistem yang digunakan

dirubah terlebih dahulu menjadi komponen-komponen simetris yang seimbang. Perhitungan kemudian dilakukan untuk mendapatkan nilai yang dicari pada sistem.

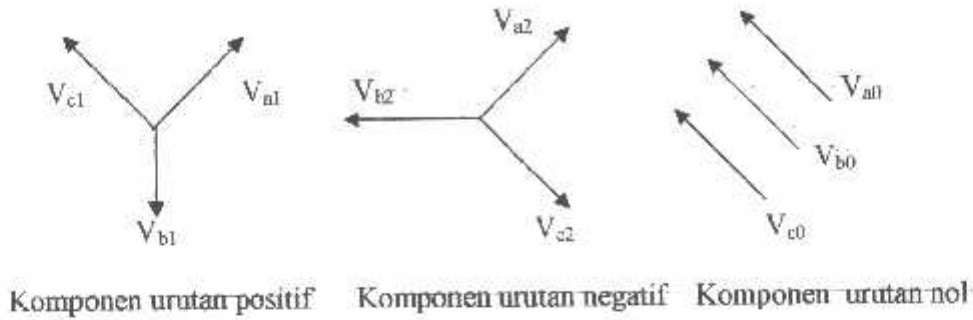
### 3.1.1. KOMPONEN SIMETRIS<sup>[6]</sup>

Komponen simetris digunakan untuk menganalisa gangguan-gangguan yang tidak simetris, didalam sistem tenaga misalnya untuk gangguan hubung singkat satu fasa ketanah, gangguan hubung singkat dua fasa dan gangguan hubung singkat tiga fasa. Pada sistem tenaga listrik tiga fasa apabila sistem tiga fasa yang tidak simetris, maka dapat diuraikan menjadi tiga buah sistem simetris yang masing-masing terdiri dari tiga vektor.

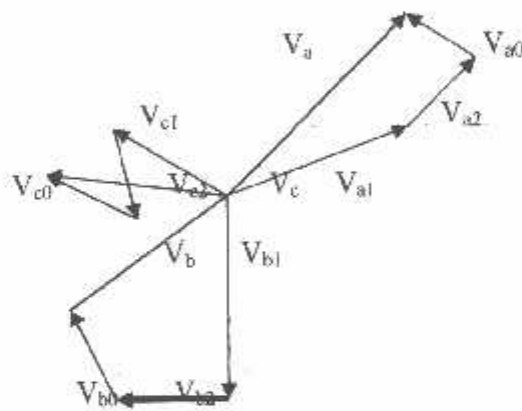
Himpunan simetris dari komponen itu adalah :

1. Komponen-komponen urutan positif yang terdiri dari tiga phasor yang sama besarnya terpisah satu dengan yang lain dalam fasa sebesar  $120^\circ$  dan mempunyai urutan fasa yang sama seperti phasor aslinya.
2. Komponen-komponen urutan negatif yang terdiri dari tiga phasor yang sama besarnya terpisah satu dengan yang lainnya dalam fasa sebesar  $120^\circ$  dan mempunyai urutan fasa yang berlawanan dengan phasor aslinya.
3. Komponen-komponen urutan nol yang terdiri dari tiga phasor yang sama besarnya dan dengan pergeseran fasa nol antara phasor yang satu dengan phasor yang lainnya. Jika phasor aslinya adalah tegangan maka dinyatakan  $V_a$ ,  $V_b$ ,  $V_c$ , dan ketiga komponen simetrisnya dinyatakan dengan (subskrip 1) untuk komponen urutan positif, (subskrip 2) untuk komponen urutan negatif.

Dan (subskrip 0) untuk komponen urutan nol. Phasor-phasor arus akan dinyatakan dengan  $I$  dengan subskrip-subskrip yang sama dengan tegangan.



Gambar 3.1 Komponen Simetris<sup>[6]</sup>



Gambar 3.2. Phasor tak simetri dari komponen simetri<sup>[6]</sup>

### 3.1.2. KOMPONEN URUTAN POSITIF, NEGATIF, DAN NOL

Suatu besaran tiga fasa yang tidak seimbang dinyatakan oleh jumlah tiga komponen yang seimbang yang terdiri atas urutan positif, negatif dan nol. Karena setiap phasor tak seimbang yang asli adalah jumlah dari komponen-komponennya, phasor-phasor asli dinyatakan dalam suku komponennya adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V_a &= V_{a0} + V_{a1} + V_{a2} \\ V_b &= V_{b0} + V_{b1} + V_{b2} \\ V_c &= V_{c0} + V_{c1} + V_{c2} \end{aligned} \quad (3-1)$$

$$\begin{aligned} I_a &= I_{a0} + I_{a1} + I_{a2} \\ I_b &= I_{b0} + I_{b1} + I_{b2} \\ I_c &= I_{c0} + I_{c1} + I_{c2} \end{aligned} \quad (3-2)$$

Pada gambar 3.1 menunjukkan komponen simetris urutan positif, negatif, dan nol. Sedangkan pada gambar 3.2 menunjukkan komponen urutan tiga fasa yang tidak simetris yang terdiri dari komponen urutan positif, negatif dan nol.<sup>[6]</sup>

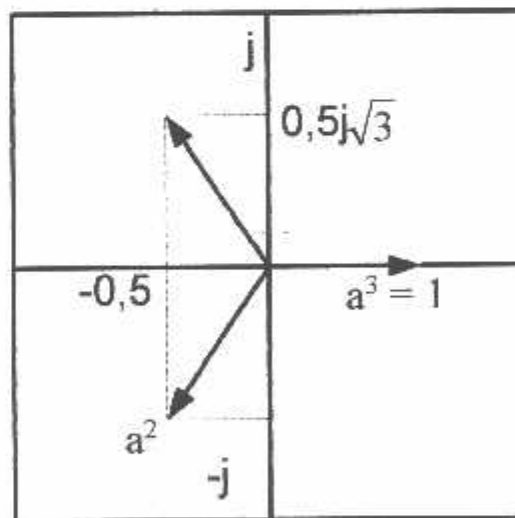
### 3.1.3. OPERATOR "a"<sup>[6]</sup>

Huruf a dipakai untuk menunjukkan operator yang menunjukkan suatu perputaran sebesar 120° dalam arah berlawanan arah jarum jam. Untuk operator a ini dapat didefinisikan sebagai:

$$a = \angle 120^\circ = e^{j120^\circ} = -0,5 + j0,866$$

nilai skalar dari |a| = 1

Pada gambar 3.3 dapat diketahui penggunaan operator a



Gambar 3.3. Operator a<sup>[6]</sup>

Sehingga untuk berbagai kombinasi operator a diberikan pada tabel 3-1

Tabel 3-1 Fungsi operator<sup>[6]</sup>

$a = 1 \angle 120 = -0,5 + j0,866$
$a^2 = 1 \angle 240 = -0,5 - j0,866$
$a^3 = 1 \angle 360 = 1 + j0$
$a^4 = 1 \angle 120 = -0,5 + j0,866 = a$
$1 + a = 1 \angle 60 = -0,5 + j0,866 = a^2$
$1 - a = \sqrt{3} \angle -30 = 1,5 - j0,866$
$1 - a^2 = \angle -60 = 0,5 - j0,866 = a$
$1 - a = \sqrt{3} \angle 30 = 1,5 + j0,866$
$a = a^2 = \angle 180 = -1 - j0$
$a - a^2 = \sqrt{3} \angle 90 = 0 + j1,732$
$1 + a + a^2 = 0$

### 3.1.4. KOMPONEN SIMETRIS PHASOR TAK SIMETRIS

Banyaknya kuantitas yang diketahui dapat diuraikan dengan menyatakan komponen  $V_b, V_c$  sebagai hasil kali fungsi operator dengan komponen  $V_a$ . Dengan menggunakan operator a maka tegangan masing-masing fasa adalah:

$$\begin{aligned} V_{a1} &= V_{a1} \angle 0^\circ = V_{a1} \\ V_{b1} &= V_{a1} \angle 240^\circ = a^2 V_{a1} \dots\dots\dots(3.3) \\ V_{c1} &= V_{a1} \angle 120^\circ = a V_{a1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{a2} &= V_{a2} \angle 0^\circ = V_{a2} \\ V_{b2} &= V_{a2} \angle 120^\circ = a V_{a2} \dots\dots\dots(3.4) \\ V_{c2} &= V_{a2} \angle 240^\circ = a^2 V_{a2} \end{aligned}$$

$$V_{a0} = V_{b0} = V_{c0} \dots\dots\dots(3.5)$$

Dengan mengulangi persamaan 3.1 dan memasukkan persamaan 3.5 ke dalam 3.3 dan 3.4 menghasilkan<sup>[6]</sup>

$$V_a = V_{a1} + V_{a2} + V_{a0} \dots\dots\dots(3.6)$$

$$V_b = a^2 V_{a1} + a V_{a2} + V_{a0} \dots \dots \dots (3.7)$$

$$V_c = a V_{a1} + a^2 V_{a2} + V_{a0} \dots \dots \dots (3.8)$$

Atau dalam bentuk matriks<sup>[6]</sup>

$$\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_{a0} \\ V_{a1} \\ V_{a2} \end{bmatrix} \dots \dots \dots (3.9)$$

Untuk mempermudah kita misalkan<sup>[6]</sup>

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \dots \dots \dots (3.10)$$

Dan invers matriks a adalah<sup>[6]</sup>

$$A^{-1} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} \dots \dots \dots (3.11)$$

Sehingga persamaan 3.9 dan 3.12 akan didapatkan persamaan seperti dibawah ini<sup>[6]</sup>

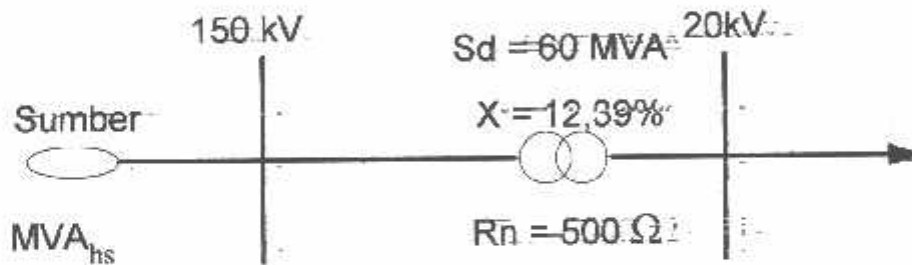
demikian halnya untuk arus, sehingga didapat persamaan<sup>[6]</sup>

$I_a = I_{a0} + I_{a1} + I_{a2}$	$V_a = V_{a0} + V_{a1} + V_{a2}$
$I_b = I_{a0} + a^2 I_{a2}$	$V_b = V_{a0} + a^2 V_{a1} + a V_{a2}$
$I_c = I_{a0} + a I_{a1} + a^2 I_{a2}$	$V_c = V_{a0} + a V_{a1} + a^2 V_{a2}$
$I_{a1} = \frac{1}{3} (I_a + a I_b + a^2 I_c)$	$V_{a1} = \frac{1}{3} (V_a + a V_b + a^2 V_c) \dots \dots \dots (3.12)$
$I_{a2} = \frac{1}{3} (I_a + a^2 I_b + a I_c)$	$V_{a2} = \frac{1}{3} (V_a + a^2 V_b + a V_c)$
$I_{a0} = \frac{1}{3} (I_a + I_b + I_c)$	$V_{a0} = \frac{1}{3} (V_a + V_b + V_c)$

### 3.2. MENENTUKAN IMPEDANSI SUMBER

Impedansi urutan sumber (*driving point impedance*) dapat ditentukan besarnya dengan beberapa cara yaitu:

1. Jika sistem distribusi tersebut memperoleh daya melalui jaringan transmisi yang berpola radial yaitu generator pada pangkalnya, maka besar impedansi sistem tersebut diperoleh dengan menjumlahkan seluruh impedansi urutan komponen yang ada mulai dapat di tentukan besar impedansi urutan negatif dan urutan positifnya dan untuk impedansi urutan nol ditentukan dengan cara lain. Pada gambar 3.4 diperlihatkan sistem tenaga listrik dengan saluran transmisi 150 kV dan saluran distribusi 20 kV



Gambar 3.4 Sistem tenaga listrik<sup>[1]</sup>

2. Dengan data yang diperoleh dari PLN (MVA hubung singkat) maka impedansi sumber dapat dicari dengan cara lain sebagai berikut:

$$X1 = X2 = \left[ \frac{KV_2}{KV_1} \right]^2 \times \frac{(KV_1)^2}{MVA_{hs}} \quad (3.13)$$

$$Z1_s = Z2_s = jX1 \quad (3.14)$$

### 3.3. MENENTUKAN IMPEDANSI URUTAN TRANSFORMATOR

Impedansi urutan positif transformator sama dengan impedansi yang terdapat pada papan nama (dalam satuan pu). Karena dalam perhitungan hubung singkat transformator dipresentasikan sebagai induktor (elemen positif), maka impedansi urutan positif sama dengan impedansi urutan negatif.

$$Z_{1T} = Z_{2T} = Z_t \times \frac{(V_d)^2}{S_d^2} \dots\dots\dots (3.15)$$

Dimana :

$Z_{1T}$  = Impedansi urutan positif transformator

$Z_{2T}$  = Impedansi urutan negatif

$Z_t$  = Impedansi transformator yang tertulis pada papan nama (pu).

$V_d$  = Tegangan dasar trafo sisi tegangan rendah (KV<sub>2</sub>).

$S_d$  = Daya dasar transformator.

Besar impedansi urutan transformator tergantung pada hubungan transformator serta impedansi pengetanahannya titik netralnya. Besarnya impedansi urutan nol pada berbagai hubungan dan cara pengetanahan titik netral trafo. Untuk gardu induk di Indonesia biasanya digunakan hubungan Y-Y dengan titik netral yang di ketanahkan pada sisi tegangan menengahnya. Dalam hal ini harga impedansi urutan nol adalah  $Z_{0T} = 10 \cdot Z_t$ .

### 3.4 IMPEDANSI URUTAN SALURAN<sup>[12]</sup>

Impedansi saluran terdiri dari komponen tahanan dan komponen reaktansi biasanya ada dua jenis saluran yang digunakan pada suatu sistem distribusi 20 kV di Jawa Timur menggunakan sistem tiga fasa dengan saluran netralnya ditanahkan.

Pada saluran kawat udara menggunakan jenis Aluminium campuran AAAC (Alluminium Alloy Conductor) dengan ukuran penampang 150 mm<sup>2</sup>.

Pada tabel 3.2 ditunjukkan impedansi urutan positif, negatif, dan nol jenis penghantar AAAC.

**TABEL 3.2**  
**IMPEDANSI**

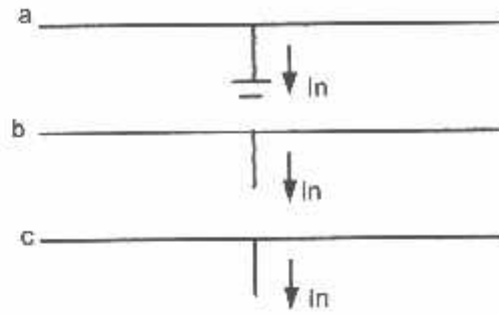
PENAMPANG NOMINAL	URAT	IMPEDANSI URUTAN POSITIF (Ω/km)	IMPEDANSI URUTAN NOL (Ω/km)
16	7	2,0161 + j 0,4036	2,1641 + j 1,6911
25	7	1,2903 + j 0,3895	1,4384 + j 1,6770
35	7	0,9217 + j 0,3790	1,0697 + j 1,6665
50	7	0,6452 + j 0,3678	0,7932 + j 1,6553
70	7	0,4608 + j 0,3572	0,6088 + j 1,6447
95	19	0,3396 + j 0,3449	0,4876 + j 1,6324
120	19	0,2688 + j 0,3376	0,4268 + j 1,6251
<b>150</b>	<b>19</b>	<b>0,2162 + j 0,3305</b>	<b>0,3631 + j 1,6180</b>
185	19	0,1744 + j 0,3239	0,3224 + j 1,6114
240	19	0,1344 + j 0,3158	0,2824 + j 1,6033

(Sumber : SPLN 64 : 1985 Hal - 64)

Untuk saluran kabel tanah menggunakan jenis XLPE, dengan ukuran penampang 240 mm<sup>2</sup> yang terbuat dari aluminium adalah

$$Z1 = Z2 = 0,1625 + j0,0756 \Omega/\text{km}$$

$$Z0 = 0,5590 + j0,3873 \Omega/\text{km}$$



Gambar 3.5. Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Ke Tanah<sup>[6]</sup>

Untuk gangguan satu fasa ketanah pada suatu jaringan seperti pada gambar 3.5 bila fasa a yang mengalami gangguan maka akan didapatkan persamaan seperti dibawah ini.

$$\begin{bmatrix} V_{a0} \\ V_{a1} \\ V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ E_{ph} \\ 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_0 & 0 & 0 \\ 0 & Z_1 & 0 \\ 0 & 0 & Z_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{a0} \\ I_{a1} \\ I_{a2} \end{bmatrix} \dots\dots\dots(3.16)$$

$$I_b = 0 \quad I_c = 0 \quad V_a = 0$$

Dengan  $I_b$  dan  $I_c$  komponen simetris arus yang diberikan pada persamaan 3.13 menjadi

$$\begin{bmatrix} I_{a0} \\ I_{a1} \\ I_{a2} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_a \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(3.17)$$

Sehingga  $I_{a0}$ ,  $I_{a1}$ ,  $I_{a2}$  masing-masing sama dengan  $I_a/3$  dan  $I_{a0} = I_{a1} = I_{a2}$

Dengan mengganti  $I_{a2}$  dan  $I_{a0}$  dengan  $I_{a1}$  pada persamaan 3.16 kita dapatkan.

$$\begin{bmatrix} V_{a0} \\ V_{a1} \\ V_{a2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ E_{ph} \\ 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_0 & 0 & 0 \\ 0 & Z_1 & 0 \\ 0 & 0 & Z_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{a1} \\ I_{a1} \\ I_{a1} \end{bmatrix} \dots\dots\dots(3.18)$$

Maka dengan menggunakan perkalian dan pengurangan matrik di dapatkan persamaan matrik berkolom dua dengan mengalikan terlebih dahulu kedua matrik kolom dan matrik baris [ 1 1 1 ] didapatkan :

$$V_{a0} + V_{a1} + V_{a2} = -I_{a1} \cdot Z_0 + E_{ph} = I_{a1} \cdot Z_1 + I_{a1} \cdot Z_2 \dots (3.19)$$

Karena  $V_a = V_{a0} + V_{a1} + V_{a2} = 0$

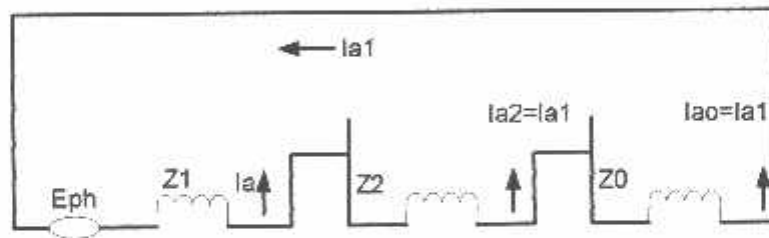
Maka kita peroleh<sup>[6]</sup>

$$I_{a1} = \frac{E_{ph}}{Z_1 + Z_2 + Z_0} \dots (3.20)$$

Dari persamaan 3.20 maka akan kita dapatkan arus sub peralihan pada saluran a dalam ampere

$$I_{a1} = \frac{3E_{ph}}{Z_1 + Z_2 + Z_0} \dots (3.21)$$

Karena arus gangguan selalu melalui impedansi maka rangkaian pengganti untuk rangkaian pada gambar 3.5 dapat dilihat pada gambar 3.6



Gambar 3.6 Rangkaian Pengganti Hubung Singkat Satu Fasa Kétanah<sup>[6]</sup>

Sehingga besar arus gangguan hubung singkat satu fasa ketanah adalah

$$I_f = \frac{3E_{ph}}{Z_1 + Z_2 + Z_0 + 3Z_f} \dots (3.22)$$

Dimana:

$E_{ph}$  = Tegangan fasa

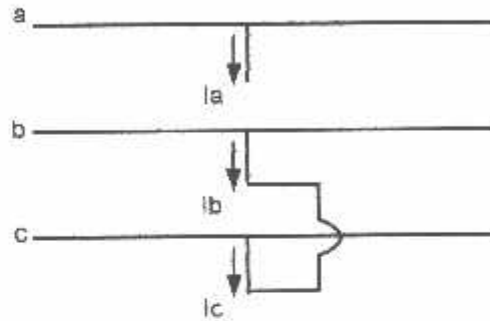
$Z_1$  = Impedansi urutan positif total antara sumber, trafo dan saluran (ohm)

$Z_2$  = Impedansi urutan negatif total antara sumber, trafo dan saluran (ohm)

$Z_0$  = Impedansi urutan nol total antara sumber, trafo dan saluran bila titik sekundernya ditanahkan maka ditambah  $3R_0$

### 3.6.2. GANGGUAN HUBUNG SINGKAT DUA FASA

Untuk rangkaian hubung singkat dua fasa dapat dilihat pada gambar 3.7 sebagai berikut



Gambar 3.7. Rangkaian Hubung singkat Dua Fasa<sup>[6]</sup>

Dan besarnya tegangan dititik gangguan adalah:

$$\begin{aligned} V_{a1} &= E_{ph} - I_a |Z| \\ V_{a2} &= -I_a Z \\ V_{a0} &= -I_a Z_0 \end{aligned} \quad (3.23)$$

Untuk gangguan ini diperoleh persamaan kondisi titik f

$$V_b - V_c \quad (3.24)$$

$$I_b = -I_c \quad (3.25)$$

$$I_a = 0 \quad (3.26)$$

$$V_b = a^2 V_{a1} + a V_{a2} + V_{a0} \quad (3.27)$$

$$V_c = a V_{a1} + a^2 V_{a2} + V_{a0} \quad (3.28)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (3.27) dan (3.28) ke persamaan (3.24) akan diperoleh:

$$V_{a1} = V_{a2} \quad (3.29)$$

Besarnya urutan nol pada fasa adalah :

$$I_{a0} = \frac{1}{3}(I_a - I_b + I_c) \dots\dots\dots(3.30)$$

Karena besarnya  $I_b + I_c = 0$  dan  $I_a = 0$  maka  $I_{a0} = 0$

Besar arus yang mengalir pada fasa a adalah :

$$I_a = I_{a1} + I_{a2} + I_{a0} \dots\dots\dots(3.31)$$

Maka  $I_{a1} = -I_{a2}$

Dengan demikian persamaan (3.29) menjadi

$$E_{ph} - I_{a1}Z_1 = -I_{a2}Z_2$$

Karena  $I_{a1} = -I_{a2}$  maka

$$I_{a1} = \frac{E_{ph}}{Z_1 + Z_2} \dots\dots\dots(3.32)$$

$$I_{a2} = -\frac{E_{ph}}{Z_1 + Z_2} \dots\dots\dots(3.33)$$

Besarnya arus hubung singkat pada fasa b adalah

$$I_b = a^2 I_{a1} + a I_{a2} + I_{a0} \dots\dots\dots(3.34)$$

Karena  $I_{a1} = -I_{a2}$  maka

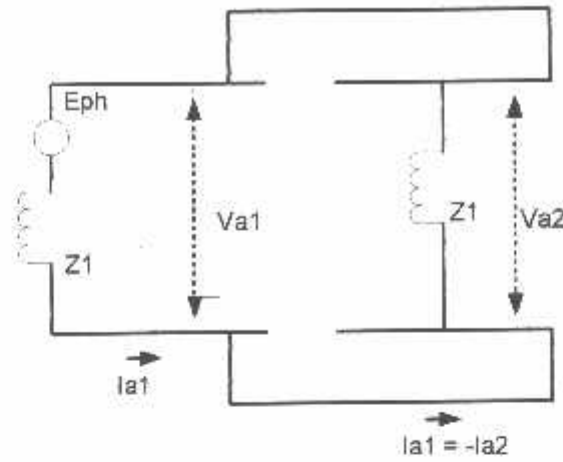
$$I_b = (a^2 - a)I_{a1} = -j\sqrt{3}I_{a1} \dots\dots\dots(3.35)$$

Sehingga besarnya arus hubung singkat pada fasa b dan c adalah

$$I_b = -j \frac{\sqrt{3}E_{ph}}{Z_1 + Z_2} \dots\dots\dots(3.36)$$

$$I_b = -I_c = j \frac{\sqrt{3}E_{ph}}{Z_1 + Z_2} \dots\dots\dots(3.37)$$

Karena arus gangguan selalu melalui impedansi gangguan maka rangkaian pengantinya adalah seperti pada gambar 3.8 dan untuk persamaannya seperti terlihat pada persamaan (3.38)



Gambar 3.8 Rangkaian Pengganti Gangguan Hubung singkat Dua Fasa<sup>[6]</sup>.

Sehingga besarnya arus gangguan hubung singkat dua fasa adalah:

$$I_{f_{2\phi}} = \frac{\sqrt{3}E_{ph}}{Z_1 + Z_2 + Z_f} \quad (3.38)$$

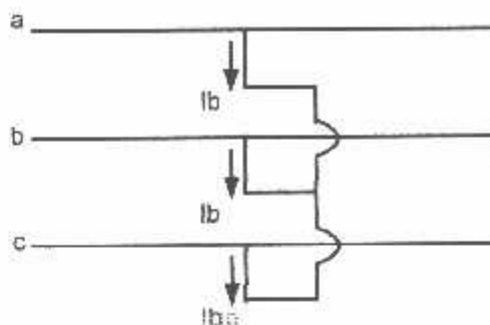
### 3.6.3. GANGGUAN HUBUNG SINGKAT TIGA FASA

Rangkaian hubung singkat-tiga fasa dapat dilihat pada gambar-3.9 dan persamaan umum untuk tegangan di titik gangguan adalah:

$$\begin{aligned} V_{a1} &= E_{ph} - I_{a1}Z_1 \\ V_{a2} &= -I_{a2}Z_2 \\ V_{a0} &= -I_{a0}Z_0 \end{aligned} \quad (3.39)$$

Untuk gangguan ini diperoleh persamaan kondisi di titik gangguan adalah

$$\begin{bmatrix} V_{a0} \\ V_{a1} \\ V_{a2} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} \quad (3.40)$$



Gambar 3.9 Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa

Dengan mensubstitusikan persamaan (3.40) maka kita akan memperoleh persamaan sebagai berikut :

$$V_{a1} = V_{a2} = V_{a3} = 0 \dots\dots\dots(3.41)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (3.41) kedalam persamaan (3.39) akan kita peroleh untuk  $I_{a2} = I_{a0} = 0$  dan untuk  $I_{a1}$  adalah

$$I_{a1} = \frac{E_{ph}}{Z_1} \dots\dots\dots(3.42)$$

Besarnya arus hubung singkat pada fasa a adalah

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

$$I_a = \frac{E_{ph}}{Z_1} \dots\dots\dots(3.43)$$

Karena arus gangguan selalu melalui impedansi maka persamaan arus gangguan hubung singkat tiga fasa adalah:

$$I_{f_{3\phi}} = \frac{E_{ph}}{Z_1 + Z_f} \dots\dots\dots(3.44)$$

### 3.7. KARAKTERISTIK KEDIP TEGANGAN

Kualitas tenaga listrik yang disuplai ke peralatan konsumen sangat tergantung pada mutu tegangan yang diterima pada terminal peralatan tersebut.

Gangguan kedip tegangan yang merupakan salah satu bentuk gangguan yang mempengaruhi mutu tegangan listrik. Selain berpengaruh pada faktor penurunan amplitudo tegangan saluran selama interval waktu ( $t$ ) juga berpengaruh pada faktor ketidak seimbangan tegangan, bentuk gelombang dan pergeseran fasa. Pengetahuan tentang faktor tersebut diatas sangat menentukan dalam menganalisa gangguan kedip tegangan.

### 3.7.1. PENYEBAB GANGGUAN

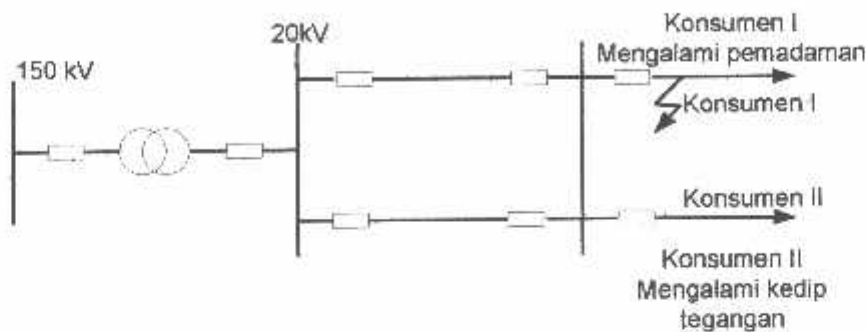
Seperti telah dijelaskan di muka bahwa karakteristik kedip tegangan pada sistem distribusi dapat diklasifikasikan pada sistem penyuplainya, baik untuk suplai menggunakan underground cable maupun saluran udara.

Untuk instalasi yang mengalami gangguan hubung singkat dapat dipastikan akan mengalami pemadaman karena dipisahkan dengan peralatan proteksi. Untuk menghindari pemadaman tersebut diusahakan dengan membuat saluran ganda. Sehingga bila terjadi gangguan pada salah satu saluran maka saluran yang lain masih dapat menyalurkan daya listrik ke konsumen.

Instalasi yang tidak mengalami gangguan tetap akan merasakan kedip tegangan karena terhubung pada salah satu bus dengan instalasi yang mengalami gangguan, dan pada dasarnya tergantung pada jaraknya terhadap titik penyebab gangguan dan lamanya tergantung pada kerja dari relay proteksi yang digunakan.

Gangguan kedip tegangan dapat disebabkan antara lain oleh selang waktu sebelum bekerjanya pemutus akibat terjadinya gangguan hubung singkat dalam instalasi pelanggan. Pemakaian peralatan dengan beban yang bersifat fluktuatif ataupun akibat penggunaan peralatan yang membutuhkan arus yang besar pada

saat start. Sebagaimana halnya dengan pengoperasian recloser 3 fasa. Karena sifat, karakteristik dan struktur jaringan masing-masing pelanggan berbeda maka gambaran umum tentang karakteristik dan penyebab gangguan kedip tegangan tidak mungkin untuk dihilangkan.



Gambar 3.10 Konfigurasi sistem tenaga listrik

### 3.7.2. VARIASI DURASI DAN KEDALAMANNYA (AMPLITUDE)<sup>[2]</sup>

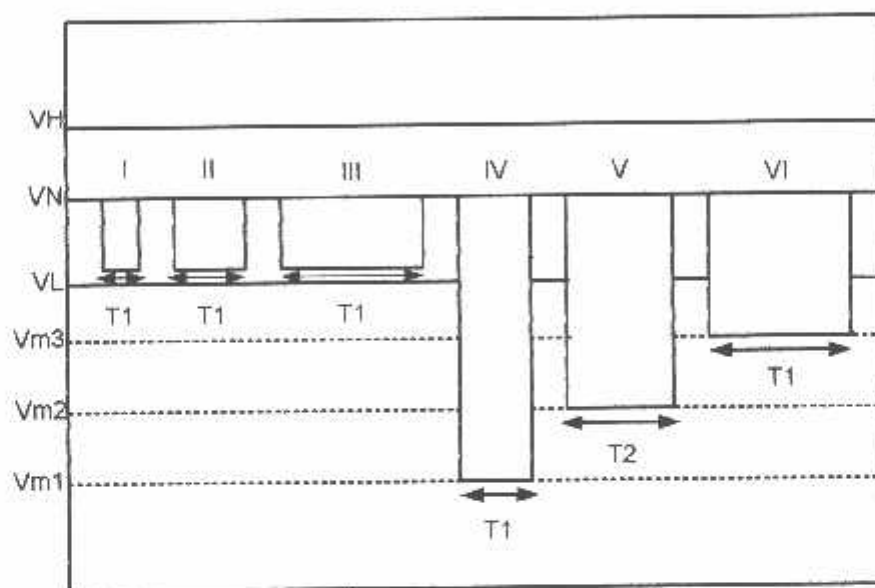
Toleransi kedip tegangan yang terjadi berlangsung selama selang waktu

kerja relay yang berkisar antara:

1. Untuk SUTT/SKTT waktu kerja relay berkisar antara 0,1 detik sampai dengan 0,4 detik.
2. Untuk SUTM/SKTM waktu kerja relay berkisar antara 0,5 detik sampai dengan 1,5 detik.
3. Untuk proteksi cadangan waktu kerja relay antara 1,5 detik sampai dengan 1,8 detik.

Jadi penghilangan dampak kedip tegangan dilakukan dari kedua belah pihak, baik pemasok maupun konsumen tenaga listrik. Seperti yang terlihat pada gambar 3.11 diperlihatkan bahwa kedip jenis I dan II dimana kedalamannya masih

dalam batas yang diijinkan (-10%) penanggulangannya dilakukan disisi konsumen. Untuk kedip jenis IV dan V kedip dengan durasi sebesar fault clearing time peralatan proteksi umumnya lebih dari 90%. Kedip jenis III dan VI durasinya lebih lama dari fault clearing time dari proteksi utamanya. Namun kedalamannya kurang dari atau sama dengan tegangan terendah yang diijinkan,90% (pada jenis III) dan lebih dari 90% (pada jenis VI) penanggulangan untuk kedip tegangan jenis ini dilakukan oleh pemasok tenaga listrik.



Gambar 3.11. Jenis kedip ditinjau dari durasi dan kedalamannya<sup>[3]</sup>

Keterangan :

$V_H$  = Tegangan sistem tertinggi yang diijinkan (+5%)

$V_N$  = Tegangan sistem normal (150 kV)

$V_L$  = Tegangan sistem terendah yang diijinkan (-10%)

$T_1$  = Waktu kedip  $\leq 120$  mili detik, atau  $\leq 150$  mili detik untuk 70kV

$T_2$  = Waktu kedip  $120 < T_2 \leq 500$  mili detik

$T_3$  = Waktu kedip  $> 500$  mili detik

Dan untuk tegangan antar salurannya adalah

$$\begin{bmatrix} V_{a0} \\ V_{a1} \\ V_{a2} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} \dots\dots\dots(3.46)$$

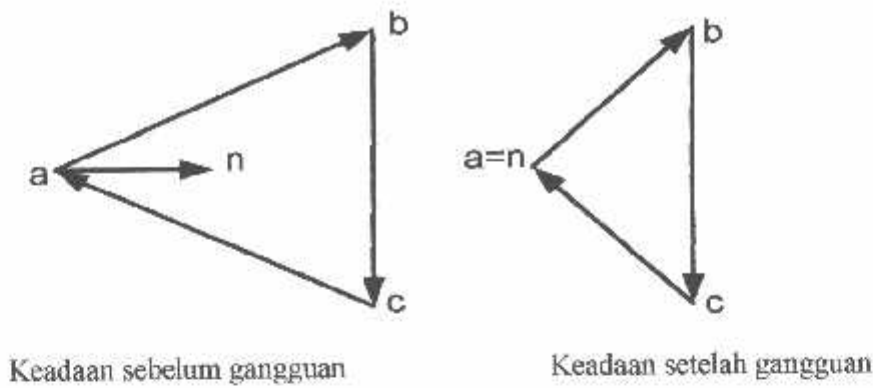
Sehingga ketidak seimbangan dalam sistem tiga fasa diukur dari komponen-komponen tegangan atau arus urutan negatif (berdasarkan teori komponen simetris) dimana komponen urutan negatif dibatasi maksimum 2% dari komponen urutan positif. Faktor ketidak seimbangan tegangan menunjukkan faktor ketidak simetrisan (asymmetry) di definisikan sebagai perbandingan tegangan urutan negatif terhadap urutan positif. Jadi faktor ketidakseimbangan tegangan didapat sebagai berikut :

$$\text{Faktor ketidakseimbangan tegangan} = \frac{\text{Komponen urutan negatif}}{\text{Komponen urutan positif}} \dots\dots\dots(3.46)$$

### 3.7.4. PERGESERAN FASA<sup>[2]</sup>

Pengaruh pergeseran sudut fasa yang diakibatkan oleh terjadinya gangguan kedip tegangan kurang menjadi perhatian. Karena penyebab terjadinya pergeseran sudut fasa pada saat sebelum dan selama terjadi gangguan kedip tegangan antara lain adalah akibat perbedaan perbandingan ratio X/R dari sumber saluran yang mengalami gangguan kedip tegangan yang disebabkan oleh gangguan hubung singkat satu fasa ketanah. Yang paling umum adalah pergeseran sudut fasa sebesar 30° sebagai akibat hubungan trafo.

ΔY, pada gambar 3.13 diperlihatkan terjadinya 30° pergeseran sudut fasa pada saat mengalami gangguan kedip.



Gambar 3.13. Pergeseran fasa<sup>[6]</sup>

Maka tegangan fasa a sama dengan tegangan tanah atau  $V_a = 0$  sehingga persamaan dapat disusun sebagai berikut.

$$E_b = E_{bg} = E_{ba} = \sqrt{3} \cdot E_{bn} \angle -30^\circ, |V_{bg}| = \sqrt{3} \cdot E_{ph} \dots \dots \dots (3.48)$$

$$E_c = E_{cg} = E_{ca} = \sqrt{3} \cdot E_{cn} \angle -30^\circ, |V_{cg}| = \sqrt{3} \cdot E_{ph} \dots \dots \dots (3.49)$$

$$E_{ng} = E_{an}, |V_{ng}| = E_{ph} \dots \dots \dots (3.50)$$

Hal ini berarti bahwa saat ini terjadi gangguan satu fasa ketanah, terjadi perubahan tegangan antar fasa sehat terhadap tanah baik besarnya maupun arahnya.

### 3.7.5. PERUBAHAN BEBAN

Kedip tegangan yang terjadi pada sistem tenaga listrik secara random tanpa dapat dipastikan sebelumnya. Yang mungkin bisa dilakukan adalah dengan memperkirakan terjadinya kedip tegangan misalnya untuk distribusi yang banyak dilalui pohon atau kawasan daerah industri yang kerap dengan perubahan beban. Kondisi kedip tegangan yang terjadi pada konsumen dapat bervariasi besar dan lama terjadinya. Hal ini tergantung pada jenis gangguan yang terjadi dan

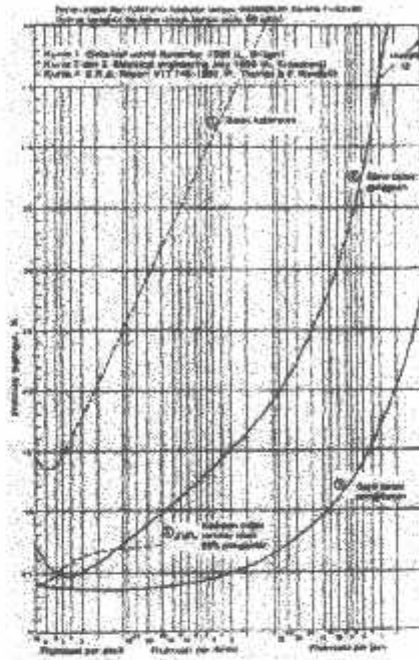
impedansi gangguan, letak gangguan terhadap konsumen dan kondisi peralatan sistem tenaga.

### **3.8. PERUBAHAN TEGANGAN PADA LAMPU PIJAR<sup>111</sup>**

**Bila terjadi perubahan beban, jatuh tegangan pada saluran juga berubah.** Karena terjadi turun naik tegangan, turun naiknya tegangan ini sangat mempengaruhi peralatan listrik. Yang paling peka terhadap turun naiknya tegangan ini adalah lampu pijar, karena sinar yang dikeluarkan oleh kawat wolfram dari lampu sangat peka terhadap perubahan tegangan, batas dari lampu dan setiap perubahan akan kelihatan. Maka kedip tegangan pada konsumen merupakan fungsi frekuensi naik turunnya tegangan. Untuk toleransi kedipan lampu ditunjukkan pada gambar 3.14, dan untuk lampu neon, cahaya yang dikeluarkan tidak peka terhadap perubahan tegangan, sehingga untuk lampu jenis ini hampir tidak pernah merasakan kedipan. Kedip ini biasanya banyak disebabkan oleh perubahan beban konsumen. Jadi dapat dikatakan bahwa karakteristik dari kedip tegangan ditentukan oleh :

1. Besarnya perubahan tegangan
2. Frekuensi kedip
3. Lamanya kedip yang terjadi.

Perubahan tegangan menyebabkan pada lampu dan kedip tegangan itu dapat berupa siklik yaitu kedip tegangan dengan fluktuasi sangat rendah atau kedip sesaat dan kedip tegangan di jaringan pada saat pengasutan motor listrik. Sedangkan untuk kedip tegangan non siklik merupakan fluktuasi tegangan periodik dengan frekuensi tidak menentu pada umumnya diakibatkan oleh tanur busur listrik.



Gambar 4.14

Toleransi kedip lampu<sup>[1]</sup>

3.8.1. PENGASUTAN MOTOR<sup>[1]</sup>

Jatuh tegangan yang diakibatkan oleh arus asut motor induksi tergantung dari ukuran motor, Faktor dayanya waktu asut, impedansi sistemnya dan cara mengasut untuk motor tiga-fasa. Jatuh tegangan didapat dengan cara extrapolasi, yaitu menganalisa ekivalen satu fasanya jatuh tegangannya didaapat sebagai berikut.

$$E_s = E_r + I r \cos \phi - I x \sin \phi \dots\dots\dots(3.51)$$

Dimana:

$E_s$  = Tegangan suplai, fasa ke-netral

$E_r$  = Tegangan beban, fasa ke-netral

$I$  = Arus asut untuk motor

$r$  = Tahanan sistem

$x$  = Reaktansi sistem

$\cos \phi_r$  = Faktor daya beban

Sehingga jatuh tegangan akan didapatkan dalam %

$$\text{Jatuh tegangan \%} = \frac{\sqrt{3}}{E_1} (I_r \cos \phi_r - I_x \sin \phi_r) \times 100 \dots\dots\dots (3.52)$$

Dimana  $E_1$  adalah tegangan catu saluran ke-saluran dan  $\phi_r$  adalah negatif untuk faktor daya beban tertinggal dan positif untuk faktor daya mendahului.

Untuk mudahnya, untuk mengasut diambil faktor dayanya 0,3 dan arus asut motor langsung pada saluran besarnya berkisar antara empat sampai tujuh kali arus beban nominalnya ( biasanya enam kali dari arus asut nominalnya bila tidak diketahui ). Tetapi untuk pengasutan motor ini dapat dikurangi dengan memakai alat pengasut, seperti alat pengasut auto trafo atau pengubah hubung bintang delta. Arus asut motor dengan menggunakan auto trafo adalah:

$$I_{\text{asut}} = \frac{V_m}{V_1} I_a \dots\dots\dots (3.53)$$

Dimana :

$V_m$  = Tegangan sumber auto transformator

$V_1$  = Tegangan suplai

$I_a$  = Arus asut hubung langsung

Pada alat pengubah hubung bintang delta

$$I = \frac{I_a}{3} \dots\dots\dots (3.54)$$

## PENGOPERASIAN SERENTAK<sup>11</sup>

Bilamana disuatu tempat terdapat banyak peralatan listrik yang sama, yang instalasinya sedemikian rupa schinga alat tersebut dapat beroperasi secara terpisah atau sendiri-sendiri dan setiap alat tersebut akan bekerja dalam waktu tertentu, persoalan kedip tegangan mungkin tidak akan timbul. Akan tetapi bila peralatan tersebut bekerja secara serentak mungkin akan timbul kedip tegangan yang melebihi batas.

Karenanya untuk mengetahui frekuensi terjadinya bekerja sekaligus dapat dihitung dengan menggunakan teori kemungkinan. Diasumsikan ada instalasi dengan n unit dengan nomor 1,2,3 ,...j,n dalam periode waktu t, untuk unit j yang bekerja f<sub>j</sub> kali, dan bekerja satu periode a<sub>j</sub> dan titik bekerjanya selama periode (t- a<sub>j</sub>) maka kemungkinan bahwa unit j yang bekerja adalah :

$$P_j = \frac{a_j}{t} \dots\dots\dots(3.55)$$

Kemungkinan untuk unit-unit 1,2,3,...,k yang bekerja pada saat bersamaan dan sisa dari unit yang bekerja dinyatakan dengan

$$P(k) = p_1 p_2 p_3 \dots, p_k (1 - p_1)(1 - p_2)(1 - p_3)\dots\dots(1 - p_k) \dots\dots\dots(3.56)$$

Lama waktu rata-rata untuk unit k-ini yang bekerja secara bersamaan adalah:

$$T(k) = \frac{t}{\frac{f_1}{p_1} + \frac{f_2}{p_2} + \frac{f_3}{p_3} + \dots\dots + \frac{f_k}{p_k} + \frac{f_{k+1}}{p_{k+1}} + \dots\dots + \frac{f_n}{1 - p_n}} \dots\dots\dots(3.57)$$

Jadi untuk unit-unit yang bekerja secara bersamaan adalah

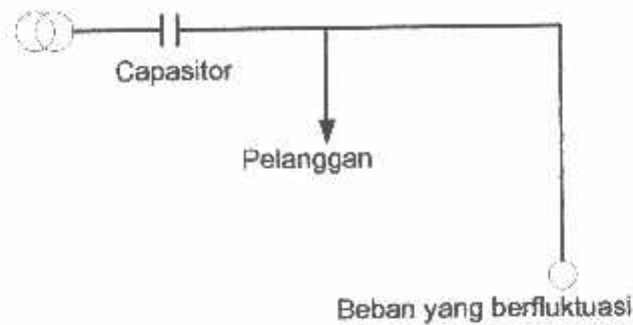
$$F(k) = \frac{p(k)}{T(k)} \dots\dots\dots(3.58)$$

Untuk kedip tegangan, akibat mengasut motor dapat dikurangi dengan jalan antara lain:

- Menggunakan motor yang memerlukan sedikit kva atau pk untuk mengasutnya
- Pilih motor yang kopel mulanya rendah, bila motor bekerja pada beban ringan
- Mengganti motor ukuran besar dengan beberapa motor ukuran kecil
- Menggunakan motor asut, untuk mengurangi arus asut pada motor utamanya
- Memakai kapasitor shunt atau seri untuk mengoreksi faktor dayanya

Kapasitor shunt digunakan waktu mengasut yang waktunya singkat, tidak lebih dari 10 detik. Setelah mencapai putaran nominalnya, kapasitor ini dilepas dari sirkuitnya, hubungan kapasitor untuk sistem tiga fasa umumnya hubungan delta, sedangkan teraan hubungan kapasitornya adalah tegangan fasa, sehingga pada waktu kapasitor tersebut dalam hubungan delta, tegangan yang diterapkan lebih besar  $\sqrt{3}$  kali tegangan teraannya.

Jadi teraan KVA efektif, selang waktu sesaat (waktu mengasut) dari kapasitor menjadi tiga kali  $\frac{KV_2^2}{KV_1^2}$  teraannya (rating). Sebaliknya bila dipasang kapasitor seri, maka kapasitor ini dipasang antara gardu distribusi dan konsumen yang mengalami gangguan kedip tegangan. Adapun pemasangan kapasitor tersebut dapat dilihat pada gambar 3.15.



Gambar 3.15. Penempatan kapasitor seri dalam mengatasi kedip tegangan<sup>[1]</sup>

Dari gambar 3.15. dapat diketahui lokasi penempatan kapasitor seri dalam mengatasi kedip tegangan dari beban yang berfluktuasi. Pemasangan kapasitor antara beban yang berfluktuasi dengan beban yang terpengaruh fluktuasinya tegangan tidak akan mengurangi kedip tegangan karena dalam keadaan ini impedansi antara sumber dan titik beban akibat berfluktuasi tegangan tidak berkurang karena kapasitor seri yang dipasang permanen pada feeder utama harus dipasang alat khusus untuk melindungi tegangan lebih akibat resonansi.

### 3.8.3. CARA MEMPERBAIKINYA<sup>[9]</sup>

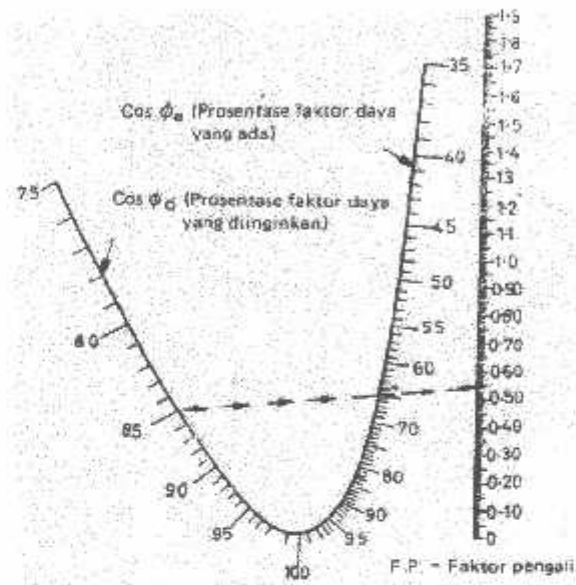
Dengan pemasangan kapasitor seri jatuh tegangan atau kedip tegangan dapat di minimalkan antara 30% sampai dengan 45%. Jadi dengan pemasangan kapasitor seri kedip tegangan dapat diminimalkan, sehingga dapat mengurangi gangguan baik yang disebabkan oleh hubung singkat satu fasa ketanah maupun kedip tegangan yang di sebabkan oleh beban. Untuk menghitung besar kapasitas kapasitor dapat menggunakan bantuan komputer atau perhitungan secara manual dapat dilakukan untuk sistem distribusi yang relatif kecil, KVAR kapasitor yang dibutuhkan untuk memperbaiki faktor daya dari  $\cos \phi_e$  sampai dengan  $\cos \phi_d$  di pakai persamaan berikut.

$$KVAR = Kw (\tan \phi_e - \tan \phi_d) \quad \text{atau}$$

$$KVAR = Kw \times MF$$

Dimana MF = faktor pengali

Untuk menentukan faktor pengali dapat kita lihat pada gambar 3.16 yaitu dengan menggunakan nomogram untuk menentukan KVAR kapasitor.



Gambar 3.16 Nomogram untuk menghitung faktor pengali yang dibutuhkan untuk

menentukan KVAR kapasitor. Faktor pengali =  $\tan \phi_e - \tan \phi_d$

$$X_1 = X_2 = \left[ \frac{kv_2}{kv_1} \right]^2 \times \frac{(kv_1)^2}{MVA_{hs}}$$

Dimana :

Tegangan pada sisi tegangan tinggi  $KV_1 = 150$  kV

Tegangan pada sisi tegangan rendah  $KV_2 = 20$  kV

Maka :

$$X_1 = X_2 = \left[ \frac{20}{150} \right]^2 \times \frac{(150)^2}{2486,29} = 0,1609 \Omega$$

Jadi besarnya impedansi urutan positif pada sumber adalah :

$$\begin{aligned} Z_{1s} = Z_{2s} &= j X_1 \\ &= j 0,1609 \Omega \end{aligned}$$

#### 4.1.2. IMPEDANSI TRANSFORMATOR

Untuk transformator yang mencatu penyulang klayatan, gadang, dan pakisaji adalah transformator IV (UNINDO) buatan Indonesia dengan data sebagai berikut :

- Daya dasar (Sd) : 60 MVA
- Tegangan : 150/20 kV
- Impedansi : 12,39%
- Frekuensi : 50 Hz
- Tahanan pengetanahan : 500  $\Omega$
- Hubungan belitan : Y-Y-n

Dari data diatas maka dapat dilakukan perhitungan impedansi transformator sebagai berikut :

Dari data transformator adalah :

$$Z_1 = 12,39\%$$

Maka untuk melakukan perhitungan impedansi urutan positif dan negatif transformator dengan menggunakan persamaan 3.15 akan diperoleh sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Z_{11} = Z_{21} &= Z_1 \times \frac{(Vd)^2}{Sd} \\ &= 12,39\% \times \frac{(20)^2}{60} \\ &= 0,826 \Omega \end{aligned}$$

jadi besar impedansi urutan positif dan negatif dari transformator adalah :

$$Z_{11} = Z_{21} = j0,826 \Omega$$

Dan untuk trafo type Y-Y-n besar impedansi urutan nol dari transformator adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Z_{01} &= 10 Z_{11} \\ &= 10 (j0,826) \\ &= j8,26 \Omega \end{aligned}$$

#### 4.1.3. IMPEDANSI SALURAN

Besar impedansi dalam suatu penyulang atau sistem distribusi tenaga listrik tergantung dari beberapa hal antara lain jenis penghantar, luas penampang, konfigurasi saluran dan panjang saluran yang terpasang. Data saluran yang dipakai di GI Kebon Agung dapat dilihat pada tabel 4.1

Tabel 4.1.

Data penyulang 20 KV trafo IV

PENYULANG	PANJANG PENYULANG		PENGHANTAR		
	SKTM	SUTM	jenis	Mm <sup>2</sup>	panjang(km)
KLAYATAN	0,242	30,409	A3C	150	30,409
GADANG	0,200	5,350	A3C	150	5,350
PAKISAJI	0,540	156,591	A3C	150	156,591

Dari data diatas untuk jaringan distribusi di GI Kebon Agung untuk tiap penyulang saluran utamanya menggunakan jenis penghantar (AAAC) dengan penampang 150 mm<sup>2</sup>. Dalam sekripsi ini tidak membahas saluran cabangnya. Maka impedansi saluran (udara) di GI Kebon Agung untuk masing masing penyulang adalah :

$$Z_1 = 0,2162 + j 0,3305 \Omega/\text{Km}$$

$$Z_2 = 0,2162 + j 0,3305 \Omega/\text{Km}$$

$$Z_0 = 0,3631 + j 0,6180 \Omega/\text{Km}$$

Sehingga besar impedansi untuk penyulang Klayatan pada GI Kebonagung dengan panjang penyulang 30,409 Km, maka impedansi urutannya adalah :

$$\begin{aligned} Z_1 = Z_2 &= (0,2162 + j 0,3305).1 \\ &= (0,2162 + j 0,3305). 30,409 \\ &= 6,5744 + j 10,0502 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_0 &= (0,3631 + j 0,6180).1 \\ &= (0,3631 + j 0,6180). 30,409 \\ &= 11,0415 + j 18,7928 \Omega \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama untuk besar impedansi urutan saluran untuk tiap penyulang dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2

Impedansi Urutan Kawat Udara Tiap Penyulang

PENYULANG	PANJANG Km	PENAMPANG NOMINAL Mm <sup>2</sup>	$Z_{11} = Z_{21}$ ( $\Omega$ )	$Z_{0L}$ ( $\Omega$ )
KLAYATAN	30,409	150	6,5744 + J 10,0502	11,0415 + J 18,7928
GADANG	5,350	150	1,1566 + J 1,7681	1,9425 + J 3,3063
PAKISAJI	156,591	150	33,8549 + J 51,753	56,8581 + J 96,7732

(Sumber : hasil perhitungan )

#### 4.2. PERHITUNGAN ARUS GANGGUAN

Perhitungan arus gangguan merupakan dasar untuk mengetahui durasi kedip tegangan yang terjadi. Arus gangguan yang terjadi antara lain arus gangguan hubung singkat satu fasa ketanah, hubung singkat dua fasa, hubung singkat tiga fasa, dimana berdasarkan persamaan 3.22, persamaan 3.38, dan persamaan 5.44 dengan impedansi gangguan  $Z_f 0$ .

##### 4.2.1. ARUS GANGGUAN HUBUNG SINGKAT SATU FASA KETANAH

Untuk mengetahui besar arus gangguan hubung singkat satu fasa ketanah pada suatu jaringan distribusi maka terlebih dahulu harus menghitung arus gangguan hubung singkat dipangkal dan diujung saluran.

##### 4.2.1.1. HUBUNG SINGKAT DI PANGKAL SALURAN

Bila gangguan hubung singkat di pangkal saluran maka besar impedansi urutan positif, negatif, dan nol adalah :

$$\begin{aligned}
 Z_1 = Z_2 &= Z_{1s} + Z_{1t} \\
 &= j 0,1609 + j 0,826 \\
 &= j 0,9869 \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_0 &= 3R_n + Z_{0t} \\
 &= (3 \times 500) + j 8,26 \\
 &= 1500 + j 8,26 \Omega
 \end{aligned}$$

Dengan  $Z_f = 0$  maka besar arus gangguan hubung singkat satu fasa ketanah yang terjadi di pangkal saluran adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 I_{f(k-t)} &= \frac{3E_{ph}}{Z_1 + Z_2 + Z_0 + 3Z_f} \\
 &= \frac{3 \left( \frac{20000}{\sqrt{3}} \right)}{j0,9869 + j0,9869 + (1500 + j8,26) + 0} \\
 &= 23,0940 - j 0,1575 \\
 &= 23,0934 \angle -0,39^\circ \text{ A}
 \end{aligned}$$

#### 4.2.1.2. HUBUNG SINGKAT DI UJUNG SALURAN

Untuk gangguan yang terjadi di ujung saluran besar impedansi urutan positif, negatif, dan nol adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Z_1 = Z_2 &= Z_{1s} + Z_{1t} + Z_{1f} \\
 &= j 0,1609 + j 0,826 + (6,5744 + j 10,0502) \\
 &= 6,5744 + j 11,0638 \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_0 &= 3R_n + Z_{0t} + Z_{0f} \\
 &= (3 \times 500) + j 8,26 + (11,0415 + j 18,7928) \\
 &= 1511,0415 + j 57,4617 \Omega
 \end{aligned}$$

Dengan  $Z_f = 0$  maka besar arus gangguan hubung singkat satu fasa ketanah yang terjadi di ujung saluran adalah :

$$\begin{aligned}
 I_{R(k-t)} &= \frac{3 \left( \frac{20000}{\sqrt{3}} \right)}{\left[ (2 \times (6,5744 + j11,0638)) + (1511,0415 + j57,4617) \right] + 0} \\
 &= 22,696 \angle 1,1840 \\
 &= 22,727 \angle 2,99^0 \text{ A}
 \end{aligned}$$

#### 4.2.2. ARUS GANGGUAN HUBUNG SINGKAT DUA FASA ( $I_{r 2 \phi}$ )

Untuk mengetahui besar arus gangguan hubung singkat dua fasa pada suatu jaringan distribusi maka terlebih dahulu harus menghitung arus gangguan hubung singkat dipangkal dan diujung saluran.

##### 4.2.2.1. HUBUNG SINGKAT DI PANGKAL SALURAN

Bila gangguan terjadi di pangkal saluran maka impedansi urutan positif dan negatif adalah sebesar:

$$\begin{aligned}
 Z_1 &= Z_2 = Z_{1s} + Z_{1t} \\
 &= j 0,1609 + j 0,826 \\
 &= j 0,9869 \Omega
 \end{aligned}$$

Dengan  $Z_f = 0$  maka besar arus gangguan hubung singkat dua fasa yang terjadi di pangkal saluran adalah sebesar:

$$\begin{aligned}
 I_{R(2 \phi)} &= \frac{\sqrt{3} E_{ph}}{Z_1 + Z_2 + Z_f} \\
 &= \frac{\sqrt{3} \frac{20000}{\sqrt{3}}}{j0,9869 + j0,9869 + 0}
 \end{aligned}$$

#### 4.2.3.1. HUBUNG SINGKAT DI PANGKAL SALURAN

Bila gangguan terjadi di pangkal saluran maka besar impedansi urutan positif dan negatif adalah sebesar:

$$\begin{aligned}Z_1 = Z_2 &= Z_{1s} + Z_{1t} \\ &= j 0,1609 + j 0,826 \\ &= j 0,9869 \Omega\end{aligned}$$

Dengan  $Z_f = 0$ , maka besar arus gangguan hubung singkat tiga fasa adalah sebesar :

$$\begin{aligned}I_{f(3\phi)} &= \frac{E_{pk}}{Z_1 + Z_f} \\ &= \frac{20000}{j0,9869 + 0} \\ &= -j 11700,2790 \\ &= 11700,2790 \angle -90^\circ \text{ A}\end{aligned}$$

#### 4.2.3.2. HUBUNG SINGKAT DI UJUNG SALURAN

Bila gangguan hubung singkat di ujung saluran, maka besar impedansi urutan positif dan negatif adalah sebesar :

$$\begin{aligned}Z_1 = Z_2 &= Z_{1s} - Z_{1t} + Z_{1L} \\ &= j 0,1609 + j 0,826 + (6,5744 + j 10,0502) \\ &= 6,5744 + j 11,0638 \Omega\end{aligned}$$

Dengan  $Z_f = 0$ , maka besar arus gangguan hubung singkat tiga fasa yang terjadi di ujung saluran adalah sebesar :

$$\begin{aligned}
 I_{f(3\phi)} &= \frac{E_{p\phi}}{Z_1 + Z_f} \\
 &= \frac{20000}{\sqrt{3}} \\
 &= \frac{20000}{(6,5744 + j 11,0638) + 0} \\
 &= 458,9191 - j 770,2464 \\
 &= 896,5969 \angle -59,21^\circ \text{ A}
 \end{aligned}$$

Dengan cara perhitungan yang sama maka besar arus gangguan untuk masing masing penyulang dapat di lihat pada tabel 4.3

Tabel 4.3

Hasil Perhitungan Arus Hubung Singkat

ARUS GANGGUAN	PENYULANG		
	KLAYATAN	GADANG	PAKISAJI
<b>GANGGUAN DI PANGKAL SALURAN</b>			
If (K – T)	23,0934 $\angle -0,39^\circ$	23,0934 $\angle -0,39^\circ$	23,0934 $\angle -0,39^\circ$
If (2 fasa)	10132,7388 $\angle -90^\circ$	10132,7388 $\angle -90^\circ$	10132,7388 $\angle -90^\circ$
If (3 fasa)	11700,297 $\angle -90^\circ$	11700,297 $\angle -90^\circ$	11700,297 $\angle -90^\circ$
<b>GANGGUAN DI UJUNG SALURAN</b>			
If (K – T)	22,696 $\angle 2,99^\circ$	23,026 $\angle -0,85^\circ$	20,7987 $\angle -12,73^\circ$
If (2 fasa)	776,4760 $\angle -59,21^\circ$	3346,9554 $\angle -67,21^\circ$	159,5628 $\angle -57,30^\circ$
If (3 fasa)	896,5969 $\angle -59,21^\circ$	3864,5452 $\angle -67,22^\circ$	184,2473 $\angle -57,30^\circ$

(Sumber : Hasil perhitungan )

#### 4.3. KARAKTERISTIK KEDIP TEGANGAN

Gangguan kedip tegangan yang merupakan salah satu bentuk gangguan yang mempengaruhi mutu tegangan listrik. Selain berpengaruh pada faktor penurunan amplitudo tegangan saluran selama interval waktu (t) juga berpengaruh pada faktor ketidak seimbangan tegangan, bentuk gelombang dan pergeseran fasa.

### 4.3.1. INSTALASI YANG MENGALAMI GANGGUAN

Pada saat terjadi gangguan hubung singkat satu fasa ketanah akan terjadi perubahan tegangan fasa maka berdasarkan persamaan 3.16 akan kita dapatkan arus sub peralihan.

#### 4.3.1.1. HUBUNG SINGKAT DI PANGKAL SALURAN

Bila gangguan di pangkal saluran maka besar arus sub peralihan di penyulang Klayatan sebesar:

$$\begin{aligned} I_{a1} &= \frac{E_{ph}}{Z_1 + Z_2 + Z_0} \\ &= \frac{20000}{\sqrt{3}} \\ &= \frac{20000}{j0,9869 + j0,9869 + (1500 + j8,26)} \\ &= 7,6976 - j0,0525 \\ &= 7,6977 \angle -0,39 \text{ A} \end{aligned}$$

Dan komponen simetris tegangan antara fasa a dengan tanah sebesar :

$$\begin{aligned} V_{a0} &= -I_{a0} \cdot Z_0 \\ &= -((7,6976 - j 0,0525) \cdot (1500 + j 8,26)) \\ &= -(11546,8336 - j15,1678) \\ &= -11546,8435 \text{ V} \\ V_{a1} &= E_{ph} - I_{a1} \cdot Z_1 \\ &= \frac{20000}{\sqrt{3}} - ((7,6976 - j 0,0525) \cdot (j 0,9869)) \\ &= 11546,9534 - j 7,5967 \\ &= 11546,5959 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
V_{a2} &= -I_{a2} \cdot Z_2 \\
&= -((7,6976 - j 0,0525) \cdot (j 0,9869)) \\
&= -(0,0518 + j 7,5969) \\
&= -7,5969 \text{ V}
\end{aligned}$$

Sehingga dari persamaan 3.12 akan di dapatkan dari saluran ketanah sebesar:

$$\begin{aligned}
V_a &= V_{a1} + V_{a1} + V_{a2} + V_{a0} \\
&= (11546,9534 - j 7,5967) - (0,0518 + j 7,5969) - (11546,8336 - \\
&\quad j15,1678) \\
&= -0,068 - j 0,0256 \\
&= 0,0726 \text{ V}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
V_b &= a^2 V_{a1} + a V_{a2} + V_{a0} \\
&= (-0,5 - j 0,866)(11546,9534 - j 7,5967) + ((-0,5 + j 0,866)(-0,0518 \\
&\quad - j 7,569)) - (11546,8336 - j 15,1678) \\
&= 19988,2871 \text{ V}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
V_c &= a V_{a1} + a^2 V_{a2} + V_{a0} \\
&= (-0,5 + j 0,886)(11546,9534 - j 7,5967) + ((-0,5 - j 0,866)(-0,0518 - j \\
&\quad 7,5969)) - (11546,8336 - j 15,1678) \\
&= -17320,2844 - j 10022,471 \\
&= 20011,0513 \text{ V}
\end{aligned}$$

#### 4.3.1.2. HUBUNG SINGKAT DI UJUNG SALURAN

Bila gangguan di ujung saluran maka besar arus sub peralihan di penyulang klayatan sebesar :

$$\begin{aligned}
 I_{a1} &= \frac{E_{ph}}{Z_1 + Z_2 + Z_0} \\
 &= \frac{20000}{\sqrt{3} \cdot (2 \cdot (6,5744 + j11,0638) + (1511,0415 + j57,4617))} \\
 &= 7,555 - j0,3944 \\
 &= 7,5652 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Dan komponen simetris tegangan antara fasa a dengan tanah sebesar :

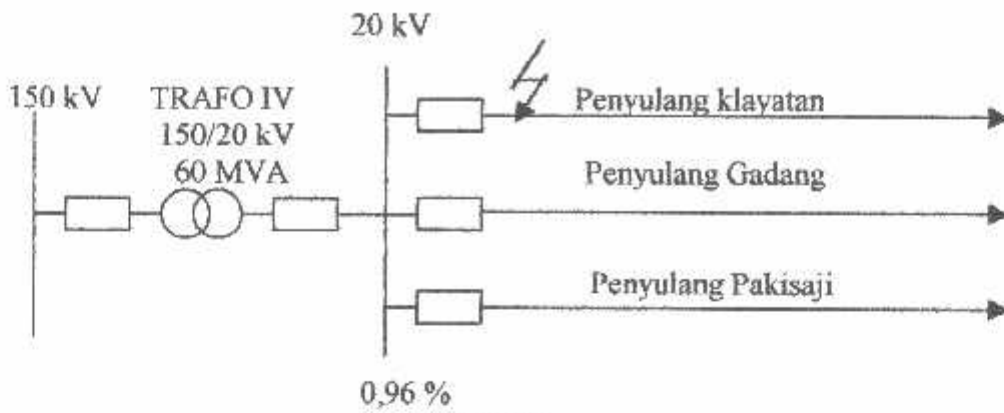
$$\begin{aligned}
 V_{a0} &= -I_{a0} \cdot Z_0 \\
 &= -(7,555 - j0,3944) \cdot (1511,0415 + j57,4617) \\
 &= -1139,72613 \text{ V}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{a1} &= E_{ph} - I_{a1} \cdot Z_1 \\
 &= \frac{20000}{\sqrt{3}} - ((7,555 - j0,3944) \cdot (6,5744 + j11,0638)) \\
 &= 11493,1253 \text{ V}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{a2} &= -I_{a2} \cdot Z_2 \\
 &= -(7,555 - j0,3944) \cdot (6,5744 + j11,0638) \\
 &= -(54,1653 + j80,9872) \\
 &= -97,4310 \text{ V}
 \end{aligned}$$

Sehingga dari persamaan 3.13 akan di dapatkan tegangan dari saluran ke tanah sebesar:

$$\begin{aligned}
 V_a &= V_{a1} + V_{a2} + V_{a0} \\
 &= (11492,84 - j80,9872) - (54,1653 + j80,9872) - (11438,5814 - j161,8316)
 \end{aligned}$$



Gambar 4.1  
Gangguan Di Pangkal Saluran

#### 4.3.2.2. HUBUNG SINGKAT DI UJUNG SALURAN

Bila gangguan terjadi di ujung saluran penyulang Klayatan maka akan menimbulkan kedip tegangan pada bus bersama sebesar :

$$\begin{aligned}
 V_{20} &= E_{ph} \times \frac{Z_{1L} + Z_{2L} + Z_{0L}}{Z_{1s} + Z_{1r} + Z_{2r} + Z_{0r} + Z_{1L} + Z_{2L} + Z_{0L}} \\
 &= \frac{20000}{\sqrt{3}} \times \frac{(6,5744 + j10,0502) + (6,5744 + j10,0502) + (11,0415 + j18,7928)}{(j0,1609) + ((2 \times (j0,826)) + (j8,26)) + ((2 \times (6,5744 + j10,0502)) + (11,0415 - j18,7928))} \\
 &= 10207,2698 - j 408,61324 \\
 &= 10215,4452 \text{ V} \\
 &= 0,88 \%
 \end{aligned}$$

Sehingga besar kedip tegangan yang terjadi pada bus 20 kV saat terjadi gangguan hubung singkat satu fasa ketanah di ujung saluran untuk masing-masing penyulang dapat dilihat pada tabel 4.5

$$= -17320,3524 + j 10022,4966$$

$$= 20011,123 \text{ V}$$

Sehingga sesuai persamaan 3.46 akan diperoleh komponen simetris tegangan antar saluran adalah sebesar:

$$\begin{aligned} V_{ab1} &= \frac{1}{3} (V_{ab} + aV_{bc} + a^2V_{ca}) \\ &= \frac{1}{3} (17320,3524 + j 9976,9164) + ((-0,5 + j 0,866) \cdot (-j 19999,413)) + \\ &\quad ((-0,5 - j 0,866) \cdot (-17320,3524 + j 10022,4966)) \\ &= \frac{1}{3} (51979,5023 + j 29964,7997) \\ &= 17326,500 - j 9988,2665 \\ &= 19999,3273 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{ab2} &= \frac{1}{3} (V_{ab} + a^2V_{bc} + aV_{ca}) \\ &= \frac{1}{3} (17320,3524 + j 9976,9164) + ((-0,5 - j 0,866) \cdot (-17320,2844 \\ &\quad - j 9976,9420) + ((-0,5 + j 0,866) \cdot (-17320,3524 + j 10022,4966)) \\ &= \frac{1}{3} (-18,4451 - j 34,0505) \\ &= -6,1483 - j 11,3502 \\ &= 12,9084 \text{ V} \end{aligned}$$

Ketidak seimbangan tegangan pada saat terjadi gangguan hubung singkat satu fasa ketanah di pangkal penyulang menurut persamaan 3.47 adalah sebesar:

$$\text{Ketidak seimbangan tegangan} = \frac{V_{ab2}}{V_{ab1}} \times 100 \%$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{12,9084}{19999,3273} \times 100 \% \\
 &= 0,06 \%
 \end{aligned}$$

#### 4.3.4.2. HUBUNG SINGKAT DI UJUNG SALURAN

Besar tegangan saluran saat terjadi gangguan hubung singkat satu fasa ketanah di ujung saluran sebesar:

$$\begin{aligned}
 V_{ab} &= V_a - V_b \\
 &= (0,0933 - j 0,1428) - (-17157,9187 - j 9756,8877) \\
 &= 17158,012 + j 9756,7449 \\
 &= 19738,07 \text{ V}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{bc} &= V_b - V_c \\
 &= (-17157,9187 - j 9756,8877) - (-17157,9187 + j 10242,5253) \\
 &= -j 19999,413 \\
 &= 19999,413 \text{ V}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{ca} &= V_c - V_a \\
 &= (-17157,9187 + j 10242,5253) - (0,0933 - j 0,1428) \\
 &= -17158,01242,6681 \\
 &= 19999,4283 \text{ V}
 \end{aligned}$$

Sehingga sesuai persamaan 3.46 akan diperoleh komponen simetris tegangan antar saluran adalah sebesar:

$$V_{a1} = \frac{1}{3} (V_{ab} + aV_{bc} + a^2V_{ca})$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{1}{3}(17158,012 + j 9756,7449) + ((-0,5 + j 0,866).(-j 19999,413)) + ((-0,5 \\
&\quad - j 0,886).(-17158,012 + j 10242,6681)) \\
&= \frac{1}{3} (51926,6602 + j29493,3185 \\
&= 17308,8867 + j 9931,3185 \\
&= 19906,0890 \text{ V}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
V_{ab2} &= \frac{1}{3} (V_{ab} + a^2V_{bc} + aV_{ca}) \\
&= \frac{1}{3} (17158,012 + j 9756,7449) + (-0,5 - j 0,866) + (-j 19999,413)) + \\
&\quad ((-0,5 + j 0,866).(-17158,012 + j 10242,6681)) \\
&= \frac{1}{3} (- 452,6242 \quad j 213,7210) \\
&= -150,8747 - j 71,2403 \\
&= 166,8483 \text{ V}
\end{aligned}$$

Ketidak seimbangan tegangan pada saat terjadi gangguan hubung singkat satu fasa ketanah di ujung penyulang menurut persamaan 3.47 adalah sebesar:

$$\begin{aligned}
\text{Ketidak seimbangan tegangan} &= \frac{V_{ab2}}{V_{ab1}} \times 100 \% \\
&= \frac{166,8483}{19906,0890} \times 100 \% \\
&= 0,84 \%
\end{aligned}$$

Dengan perhitungan yang sama maka akan diperoleh besar ketidak seimbangan tegangan di masing masing penyulang. Ketidak seimbangan ini dapat dilihat pada tabel 4.7

Tabel 4.7

## Ketidak seimbangan Tegangan

PENYULANG	PANJANG (Km)	TEGANGAN ANTAR SALURAN			$V_{ab2}/V_{ab1}$ (%)
		$V_{ab}$ (volt)	$V_{bc}$ (volt)	$V_{ca}$ (volt)	
<b>GANGGUAN DI PANGKAL PENYULANG</b>					
Klayatan	30,405	19988,3333	19999,413	20011,123	0,06
Gadang	5,350	19988,3333	19999,413	20011,123	0,06
Pakisaji	156,591	19988,3333	19999,413	20011,123	0,06
<b>GANGGUAN DI UJUNG PENYULANG</b>					
Klayatan	30,405	19738,071	19999,413	19982,7332	0,84
Gadang	5,350	19944,7938	19999,413	20007,1024	0,20
Pakisaji	156,591	18741,1620	19999,413	19693,1478	3,86

(Sumber : Hasil perhitungan)

**4.3.5. PERGESERAN FASA**

Pergeseran fasa terjadi pada saat terjadinya gangguan, menunjukkan bahwa adanya perubahan sudut fasa yang terganggu dengan fasa yang tidak terganggu. Dimana menurut persamaan 3.13 di dapatkan besar tegangan pada saat terjadi gangguan hubung singkat satu fasa ketanah.

➤ Untuk gangguan di pangkal saluran :

$$V_a = 0,068 - j 0,0256$$

$$V_b = -17320,2844 - j 9976,9420$$

$$V_c = -17320,2844 + j 10022,471$$

Sehingga menggunakan persamaan 3.48, 3.49, dan 3.50 akan diperoleh tegangan fasa ground atau fasa netral sebesar:

$$\begin{aligned} V_{an} &= \sqrt{3} \times \frac{0,068 - j0,0256}{\sqrt{3}} \\ &= 0,068 - j 0,0256 \\ &= 0,0726 \angle -20,62^\circ \text{V} \end{aligned}$$

$$V_{ba} = \sqrt{3} \times \frac{(-17320,2844 - j9976,9420)}{\sqrt{3}}$$

$$= -17320,2844 - j 9976,9420$$

$$= 19988,2871 \angle -150^\circ \text{V}$$

$$V_{ca} = \sqrt{3} \times \frac{(-17320,2844 + j10022,471)}{\sqrt{3}}$$

$$= -17320,2844 + j 10022,471$$

$$= 20011,0513 \angle 149,94^\circ \text{V}$$

➤ Untuk gangguan di ujung saluran :

$$V_{aa} = \sqrt{3} \times \frac{(0,0933 - j0,1428)}{\sqrt{3}}$$

$$= 0,0933 - j 0,142$$

$$= 0,1705 \angle -56,84^\circ \text{V}$$

$$V_{ba} = \sqrt{3} \times \frac{(-171557,9187 - j9756,8877)}{\sqrt{3}}$$

$$= -17157,9187 - j 9756,8877$$

$$= 19738,0604 \angle -150,34^\circ \text{V}$$

$$V_{ca} = \sqrt{3} \times \frac{(-17157,9187 + j10242,5253)}{\sqrt{3}}$$

$$= -17157,9187 + j 102432,5253$$

$$= 19982,5798 \angle 149,16^\circ \text{V}$$

Jadi pada saat terjadi gangguan hubung singkat satu fasa ketanah tegangan saluran tiap fasa sama dengan tegangan fasa ketanah dan terjadi pergeseran sudut fasa sebesar  $\pm 30^\circ$  dengan tegangan fasa yang sehat. Besar pergeseran fasa pada

masing-masing penyulang saat terjadi gangguan hubung singkat satu fasa ketanah dapat dilihat pada tabel 4.8

Tabel 4.8  
Pergeseran Fasa

TEGANGAN FASA	PENYULANG					
	KLAYATAN		GADANG		PAKISAJI	
	VOLTAGE	SUDUT	VOLTAGE	SUDUT	VOLTAGE	SUDUT
<b>GANGGUAN DI PANGKAL SALURAN</b>						
$V_a$	0,0726	-20,62°	0,0726	-20,62°	0,0726	-20,62°
$V_b$	19988,2871	-150°	19988,2871	-150°	19988,2871	-150°
$V_c$	20011,0513	149,94°	20011,0513	149,94°	20011,0513	149,94°
<b>GANGGUAN DI UJUNG SALURAN</b>						
$V_a$	0,1705	-56,84°	0,0379	-38,89°	0,0553	-6,12°
$V_b$	19738,0604	-150,34°	19944,4853	-150,11°	18741,1168	-150,02°
$V_c$	19982,5798	149,16°	20007,5679	149,80°	19693,0988	149,34°

(Sumber : Hasil Perhitungan)

## BAB V KESIMPULAN

Dari analisa diatas dapat diketahui besar kedip tegangan dan akibat yang terjadi pada sistem distribusi tenaga listrik adalah:

- a. Bila hubung singkat terjadi di pangkal penyulang , maka besar kedip tegangan pada bus bersama masing-masing penyulang yaitu : 0,96 %
- b. Bila hubung singkat terjadi di ujung saluran, besar kedip bus 20 kV:
  - Klayatan 0,88 %. Gadang 0,57 %. Pakisaji 0,97 %.
- Dari kedip diatas maka mengakibatkan Ketidak seimbangan tegangan,
  - a. Bila hubung singkat terjadi di pangkal penyulang, maka ketidak seimbangan tegangan pada masing-masing penyulang yaitu : 0,06%
  - b. Bila hubung singkat terjadi di ujung saluran.
    - Klayatan sebesar 0,84%,Gadang sebesar 0,20%,Pakisaji sebesar 3,86%.
- Dari kedip diatas maka mengakibatkan Pergeseran fasa.
  - a. Bila gangguan terjadi di pangkal penyulang maka besar sudut di  $V_a, V_b, V_c$  masing-masing penyulang yaitu :  $-20,62^\circ, -150^\circ, 149,94^\circ$ .
  - b. Bila gangguan terjadi di Ujung penyulang maka besar sudut di  $V_a, V_b, V_c$  masing-masing penyulang yaitu :
    - Klayatan yaitu :  $-56,84^\circ, -150,34^\circ$ , dan  $149^\circ$
    - Gadang yaitu :  $-38,89^\circ, -150,11^\circ$ , dan  $149,80^\circ$
    - Pakisaji yaitu :  $-6,12^\circ, -150,02^\circ$ , dan  $149,34^\circ$

## DAFTAR PUSTAKA

1. As Pabla, Ir. Abdul Hadi, " Sistem Distribusi Daya Listrik ", Penerbit Erlangga, 1994
  2. Nur Pamuji, Meng Sc, Gunawan Sidabalok, Msc, Jenjem Kurnaen, MT, "Kedip Tegangan di Sistem Distribusi Tenaga Listrik Jawa Bali ", PT PLN (PERSERO) P3B Jawa Bali, September 2000
  3. Ir. Aloysius Agus Yogiarto, MT," Pengalaman PT PLN Dalam Menganalisa Kedip Tegangan (Flike Voltage) pada peralatan konsumen " September 2000
  4. Dean Mahendro S," Analisa Pengaruh Kedip Tegangan Akibat Dapur Busur Listrik PT ISPAT INDO Terhadap Busbar di GI Waru", 1999
  5. L. Conard, K. Little and C. Grigg, " Predicing and Preventing Problem Associated With Remote Fault Clearing Voltage Dips ", IEEE Trans. On Ind. Appl. Vol. 27, no. 1, pp 167-172, 1991
  6. William D Stevenson, Jr, " Analisa Sistem Tenaga Listrik ", Edisi Keempat Penerbit Erlangga 1984
  7. Dr. Ir. Martin Roekman, Ir. Adil Munajat, Msc, " Unjuk Kerja Peralatan Kontrol Industri Terhadap Kedip Tegangan ", Badan kemitraan Universitas Indonesia, September 2000
  8. Ir. Pribadi Kadarisman, Ir. Victo Sitorus, W. Sulaiman, " Kedip Tegangan (Voltage Dip) Energi & Listrik " Vol. VIII n ¾, Desember 1998
  9. Ir. Syarifuddin Mahmudsyah, Meng. EE, Ir. Margo Pujiantoro, " Fenomene Kedip Tegangan Pada Sistem Distribusi Tenaga Listrik Dan Usaha Perbaikannya ", Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri ITS.
  10. Dr. Ir. Parouli M. Pakpahan, " Mengatasi Kedip Tegangan Pada sistem Distribusi Tenaga Listrik ", Lab. Teknik Tegangan & Arus Tinggi Jurusan Teknik Elektro ITB, September 2000
  11. M.F. Mc Granagham, D.R. Mueler, M.J. Samotij, " Voltage Sag In Industrial Power Sistem ", Proc IEEE Trans. On Ind Appl. Vol. 29, no. 3, pp. 397-403, 1993
  12. Petunjuk Pemilihan Dan Penggunaan Pelebur pada sistem Distribusi Tegangan Menengah SPLN 64 : 1985 Hal - 64
-

# LAMPIRAN A

---



○ Menghitung Instalasi yang mengalami Gangguan Arus Sub Peralihan

Di Pangkal dan Ujung Saluran :  $I_{a1} = \frac{E_{ph}}{Z_1 + Z_2 + Z_0}$  (Ampere)

○ Menghitung Instalasi yang Tidak mengalami Gangguan Arus Sub Peralihan

Dipangkal Saluran:  $V_{20} = E_{ph} \times \frac{Z_{1L} + Z_{2L} + Z_{0L}}{Z_s + Z_{1L} + Z_{2L} + Z_{0L}}$  (Volt)

Diujung Saluran :

$$V_{20} = E_{ph} \times \frac{Z_{1L} + Z_{2L} + Z_{0L}}{Z_s + Z_{1L} + Z_{2L} + Z_{0L} + Z_{1L} + Z_{2L} + Z_{0L}}$$
 (Volt)

➤ Besar kedip dalam % =  $\frac{V_{20}}{20000} \times \frac{100}{\sqrt{3}}$  (%)

○ Menghitung Tegangan Tak Seimbang Dipangkal dan Ujung Saluran :

$$= \frac{V_{a2}}{V_{ab1}} \times 100 \% \quad (\%)$$

○ Menghitung pergeseran Fasa Dipangkal dan Ujung Saluran :

$$V_{an} = \sqrt{3} \times \frac{V_a}{\sqrt{3}} \text{ (Volt)}$$

$$V_{bn} = \sqrt{3} \times \frac{V_b}{\sqrt{3}} \text{ (Volt)}$$

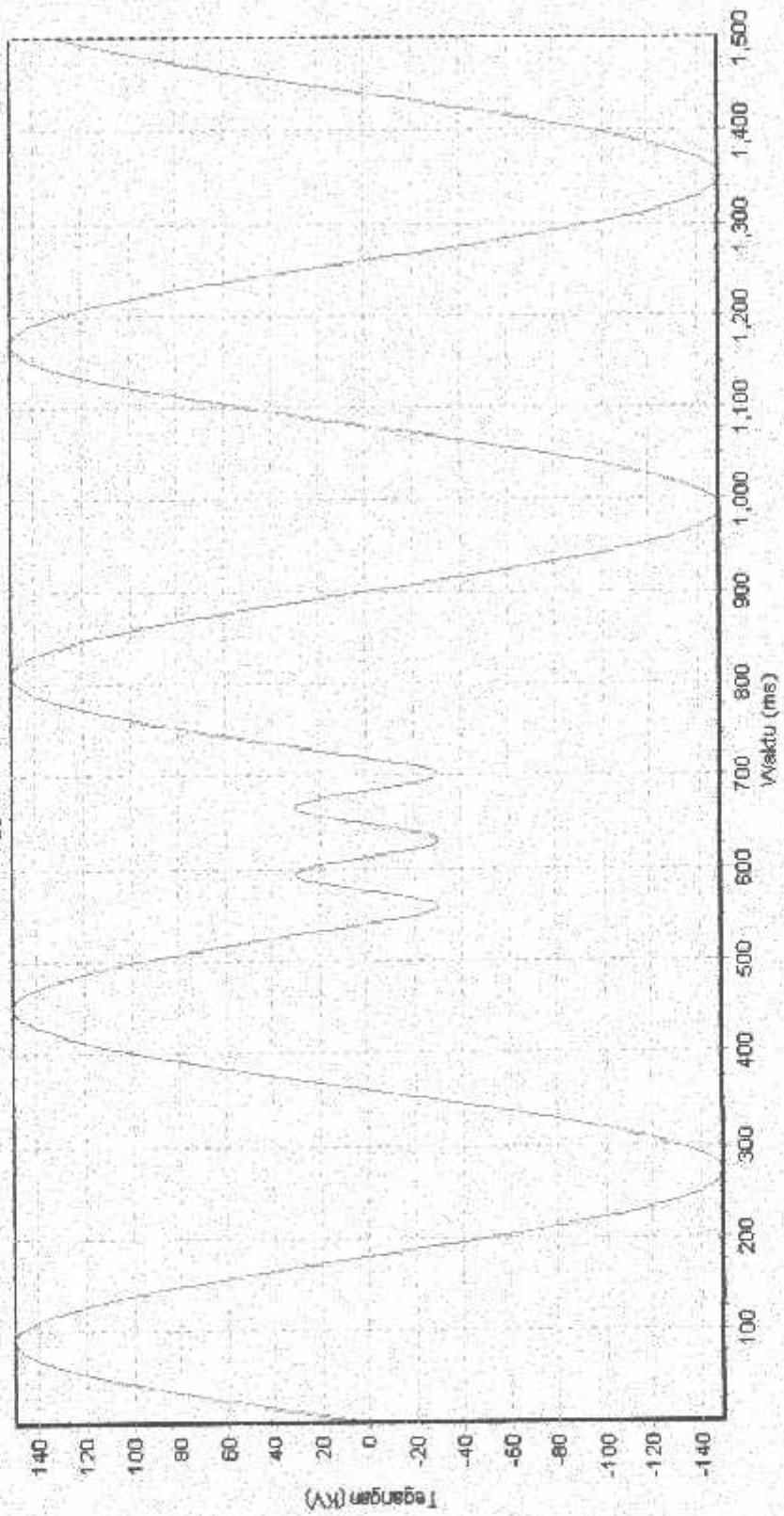
$$V_{cn} = \sqrt{3} \times \frac{V_c}{\sqrt{3}} \text{ (Volt)}$$

↓

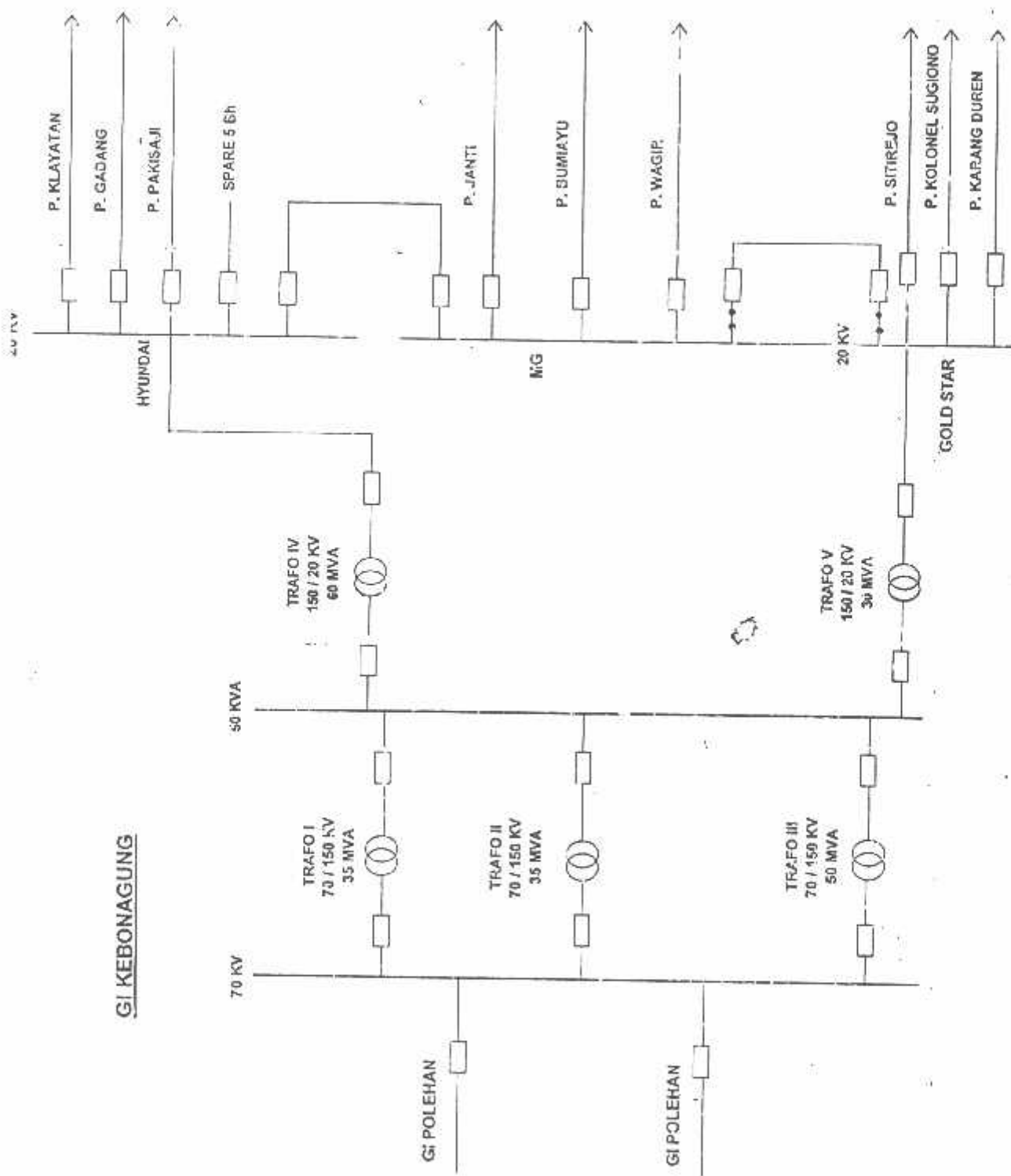
**SELESAI**

# Analisa Gangguan Kecipit Tegangan

Grafik Gangguan Kecipit Tegangan



Keluar



**G1 KEBONAGUNG**

- ⊗ : TRANSFORMATOR
- : PENJUTUS
- : PENTULANG

 <b>PT. PLN (PERSERIKAH)</b> <b>DISTRIBUSI JATIM</b> <b>APBJ MALANG</b>		
<b>SINGLE LINE DIAGRAM</b> <b>GARDU INDUK KEBONAGUNG</b>		
DIBANGUN	DIPERIKSA	D. SETUJAI
GPOST	D. JAWAB D.	AUREF H.

# MPIRAN B

PIN KILAU, JABOTAH DAN BALI SEKTOR MALANG	RELE ARUS LEHIT ( 51 )	G1 : Kebonarung TGL : 20 Juli 1994 HAL : 01
--	---------------------------	---

## I. DATA PERALATAN

Pabrik	: ABB	Range arus ( 51 )	: 0,1 - 20 A / 10
Type	: SPAJ - 140C	Range arus (Inst)	: 0,5 - 40 A / 10
Range	: 1 A / 5 A	Range arus ( N )	: 0,1 - 0,10 A / 10
No. Serie R		Range Waktu ( 51 )	: 0,05 - 300 sec
S	: 14089	Range Waktu (Inst)	: 0,04 - 300 sec
-		Range Waktu ( N )	: 0,05 - 300 sec
R			

Dipasang pada : Fenyulang 20 KV. Klayatan

C.T		: 100 / 5	Arus
Set. Arus ( 51 )	: 4A = 320 A	Set. waktu ( 51 )	: TD: 0,03
Arus ( N )	: 0,1A = 4 A	Waktu ( N )	: 3 sec
Arus (Inst)	: 15A = 1200A	Waktu (Inst)	:

## II. PENGUJIAN ARUS KERJA

TAP			4 A		
Arus kerja (A)	R		4,0		
	S		4,0		
	T		4,0		
	N		0,125		

## III. PENGUJIAN WAKTU KERJA

TAP	%	110	150	200	300	400	Inst
Waktu kerja (det)	R	3,73	0,91	0,49	0,34	-	0,06
	S	3,72	0,92	0,49	0,34	-	0,06
	T	3,73	0,89	0,49	0,34	-	0,06
	N	3,00	2,00	3,04	3,04	3,02	

Keterangan : Relé baik

# LAMPIRAN D

PLN KILLUF JABAGTIR DAN BALI SEKTOR MALANG	RELE ARUS LEBIH ( 51 )	GI : Kejuharung TGL : 20 Juli 1934 HAL : 03																																																																																													
<p>I. DATA POPALATAN</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 40%; border: none;">                     Pabrik : ABB                      Type : SPAJ - 140C                      Rngge : 1 A / 5 A                      No. Serie R :                                S : 14588                                T :                                N :                 </td> <td style="width: 60%; border: none;">                     Range arus ( 51 ) : 0,5 - 2,5 x In                      Range arus (Inst) : 0,5 - 40 x In                      Range arus ( N ) : 0,1 - 0,8 x In                      Range Waktu ( 51 ) : 0,05 - 300 Sec                      Range Waktu (Inst) : 0,04 - 300 Sec                      Range Waktu ( N ) : 0,05 - 300 Sec                 </td> </tr> </table> <p>Dipasang pada : Penyulang 20 kV. Qadang</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <tr> <td style="text-align: center;">C T</td> <td style="text-align: center;">:</td> <td style="text-align: center;">400 / 5</td> <td style="text-align: center;">Ampere</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Set. Arus ( 51 )</td> <td style="padding: 2px;">:</td> <td style="padding: 2px;">4A = 320 A</td> <td style="padding: 2px;">Set. Waktu ( 51 )</td> <td style="padding: 2px;">:</td> <td style="padding: 2px;">Tn. 0,05</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Arus ( N )</td> <td style="padding: 2px;">:</td> <td style="padding: 2px;">0,1A = 4 A</td> <td style="padding: 2px;">Waktu ( N )</td> <td style="padding: 2px;">:</td> <td style="padding: 2px;">3 sec</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Arus (Inst)</td> <td style="padding: 2px;">:</td> <td style="padding: 2px;">15A = 1200A</td> <td style="padding: 2px;">Waktu (Inst)</td> <td style="padding: 2px;">:</td> <td style="padding: 2px;"></td> </tr> </table> <p>II. PENGUJIAN ARUS KERJA</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th colspan="2">TAP</th> <th></th> <th>4 A</th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4" style="text-align: center; vertical-align: middle;">Arus Kerja (A)</td> <td style="text-align: center;">R</td> <td></td> <td style="text-align: center;">4,0</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">S</td> <td></td> <td style="text-align: center;">3,97</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">T</td> <td></td> <td style="text-align: center;">4,0</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">N</td> <td></td> <td style="text-align: center;">0,105</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>III. PENGUJIAN WAKTU KERJA</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th colspan="2">TAP %</th> <th>110</th> <th>150</th> <th>200</th> <th>300</th> <th>400</th> <th>Ins:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4" style="text-align: center; vertical-align: middle;">Waktu Kerja (det)</td> <td style="text-align: center;">R</td> <td style="text-align: center;">3,72</td> <td style="text-align: center;">0,91</td> <td style="text-align: center;">0,50</td> <td style="text-align: center;">0,35</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">0,04</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">S</td> <td style="text-align: center;">3,18</td> <td style="text-align: center;">0,92</td> <td style="text-align: center;">0,50</td> <td style="text-align: center;">0,34</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">0,03</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">T</td> <td style="text-align: center;">3,03</td> <td style="text-align: center;">0,89</td> <td style="text-align: center;">0,48</td> <td style="text-align: center;">0,34</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">0,08</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">N</td> <td style="text-align: center;">3,04</td> <td style="text-align: center;">2,04</td> <td style="text-align: center;">3,04</td> <td style="text-align: center;">3,02</td> <td style="text-align: center;">3,03</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Isyarat : Rele balik</p>			Pabrik : ABB Type : SPAJ - 140C Rngge : 1 A / 5 A No. Serie R : S : 14588 T : N :	Range arus ( 51 ) : 0,5 - 2,5 x In Range arus (Inst) : 0,5 - 40 x In Range arus ( N ) : 0,1 - 0,8 x In Range Waktu ( 51 ) : 0,05 - 300 Sec Range Waktu (Inst) : 0,04 - 300 Sec Range Waktu ( N ) : 0,05 - 300 Sec	C T	:	400 / 5	Ampere	Set. Arus ( 51 )	:	4A = 320 A	Set. Waktu ( 51 )	:	Tn. 0,05	Arus ( N )	:	0,1A = 4 A	Waktu ( N )	:	3 sec	Arus (Inst)	:	15A = 1200A	Waktu (Inst)	:		TAP			4 A				Arus Kerja (A)	R		4,0				S		3,97				T		4,0				N		0,105				TAP %		110	150	200	300	400	Ins:	Waktu Kerja (det)	R	3,72	0,91	0,50	0,35	-	0,04	S	3,18	0,92	0,50	0,34	-	0,03	T	3,03	0,89	0,48	0,34	-	0,08	N	3,04	2,04	3,04	3,02	3,03	
Pabrik : ABB Type : SPAJ - 140C Rngge : 1 A / 5 A No. Serie R : S : 14588 T : N :	Range arus ( 51 ) : 0,5 - 2,5 x In Range arus (Inst) : 0,5 - 40 x In Range arus ( N ) : 0,1 - 0,8 x In Range Waktu ( 51 ) : 0,05 - 300 Sec Range Waktu (Inst) : 0,04 - 300 Sec Range Waktu ( N ) : 0,05 - 300 Sec																																																																																														
C T	:	400 / 5	Ampere																																																																																												
Set. Arus ( 51 )	:	4A = 320 A	Set. Waktu ( 51 )	:	Tn. 0,05																																																																																										
Arus ( N )	:	0,1A = 4 A	Waktu ( N )	:	3 sec																																																																																										
Arus (Inst)	:	15A = 1200A	Waktu (Inst)	:																																																																																											
TAP			4 A																																																																																												
Arus Kerja (A)	R		4,0																																																																																												
	S		3,97																																																																																												
	T		4,0																																																																																												
	N		0,105																																																																																												
TAP %		110	150	200	300	400	Ins:																																																																																								
Waktu Kerja (det)	R	3,72	0,91	0,50	0,35	-	0,04																																																																																								
	S	3,18	0,92	0,50	0,34	-	0,03																																																																																								
	T	3,03	0,89	0,48	0,34	-	0,08																																																																																								
	N	3,04	2,04	3,04	3,02	3,03																																																																																									

# LAMPIRAN F

PLN KILIR JABAGTIM DAN BALI SEKTOR MALANG	RELE ARUS LEBIH ( 51 )	GJ : Kebonagung TGL : 20 Juli 1994 HAL : 05
--	---------------------------	---

## I. DATA PERALATAN

Pabrik :	AB3	Range arus ( 51 ) :	0,5 - 2,5 x In
Type :	SPAJ - 1400	Range arus (Inst) :	0,5 - 40 x In
Single :	1 A / 5 A	Range arus ( N ) :	0,1 - 0,8 x In
No. Serie R :		Range Waktu ( 51 ) :	0,05 - 300 Sec
S :	14523	Range Waktu (Inst) :	0,04 - 300 Sec
T :		Range Waktu ( N ) :	0,05 - 300 Sec
N :			

Dipasang pada : Penyulang 20 kv, PAKTSAJ1

C T : 400 / 5		Ampere	
Sel. Arus ( 51 ) :	4A = 320 A	Sel. Waktu ( 51 ) :	TD. 0,05
Arus ( N ) :	0,1A = 4 A	Waktu ( N ) :	3 sec
Arus (Inst) :	15A = 1200A	Waktu (Inst) :	

## II. PENGUJIAN ARUS KERJA

TAP			4 A		
Arus Kerja (A)	R		4,0		
	S		4,0		
	T		4,0		
	N		0,105		

## III. PENGUJIAN WAKTU KERJA

TAP &		110	150	200	300	400	Inst
waktu kerja (det)	R	3,03	0,90	0,48	0,34	-	0,05
	S	3,33	0,90	0,48	0,35	-	0,10
	T	3,06	0,80	0,45	0,34	-	0,09
	N	3,05	3,04	3,00	3,03	3,03	

Keputusan : Rele baik.

1/18

# LAMPIRAN B

---



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

1. Nama Mahasiswa : ARI CAHYO PRATOMO
2. NIM : 96.12.013
3. Jurusan : Teknik Elektro
4. Konsentrasi : Energi Listrik
5. Judul Skripsi :

**ANALISA GANGGUAN *VOLTAGE DIPS*  
PADA SISTEM DISTRIBUSI 20 kV SERTA  
PENGARUHNYA TERHADAP PERALATAN LISTRIK**

Dipertahankan dihadapan Majelis Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada:

Hari : Jum'at  
Tanggal : 24 Maret 2006  
Dengan Nilai : 76,70 ( Tujuh Puluh Enam Koma Tujuh Puluh )



Panitia Ujian Skripsi

Ir. Mochtar Asroni, MSME  
Nip Y. 101 8100 036  
Ketua

Ir. F.Yud Limpraptono, MT  
Nip Y. 103 9500 274  
Sekretaris

Anggota Penguji

Ir. Widodo Pudji M, MT  
Penguji Pertama

Ir. Eko Nurcahyo, MT  
Penguji Kedua



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

1. Nama Mahasiswa : ARI CAHYO PRATOMO
2. NIM : 96.12.013
3. Jurusan : Teknik Elektro
4. Konsentrasi : Energi Listrik
5. Judul Skripsi :

ANALISA GANGGUAN *VOLTAGE DIPS*  
PADA SISTEM DISTRIBUSI 20 kV SERTA  
PENGARUHNYA TERHADAP PERALATAN LISTRIK

6. Tanggal Mengajukan Skripsi : 20 September 2005
7. Tanggal Menyelesaikan Skripsi : 20 Maret 2006
8. Dosen Pembimbing : Ir. H. Taufik Hidayat, MT
9. Telah Dievaluasi Dengan Nilai : 80 ( Delapan Puluh ) 

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Ir. F. Yudi Limpraptono, MT  
NIP. Y. 103 9500 274

Malang, Maret 2006  
Disetujui,  
Dosen Pembimbing

Ir. H. Taufik Hidayat, MT  
NIP. Y. 101 8700 151



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : ARI CAHYO P.  
 NIM : 96.12.013  
 Masa Bimbingan : 20 September 2005 s/d 20 Maret 2006  
 Judul Skripsi : ANALISA GANGGUAN VOLTAGE DIPS PADA SISTEM DISTRIBUSI 20 kV SERTA PENGARUHNYA TERHADAP PERALATAN LISTRIK

no	Tanggal	Uraian	Parap Pembimbing
1.	05/01/06	Tuliskan bab IV (Analisis nya)	Ardiyat
2.	07/01/06	Banyutkan bab II	Ardiyat
3.	20 Jan 06	Sinkronkan kesimpulan dg tujuan kesimpulan diambil dari bab IV dan bsmpr Anglia?	Ardiyat
4.			
5.	16/02/06	- Bab IV - Bab II tambahkan catatan baru	Ardiyat
6.	20/02/06	pada bab IV tambahkan rumus jika gangguan ada ditinjau Salinan	Ardiyat
7.			
8.	28/02/06	Buat kesimpulan	Ardiyat
9.	03/03/06	Kesimpulan, sinkronkan dg tujuan uraikan Anglia?	Ardiyat
10.	08/03/06	Acc mengahuti ujian	Ardiyat

Malang,

Dosen Pembimbing

(Ir. TAUFIK HIDAYAT, MT)



BNI (PERSERO) MALANG  
BANK MGA MALANG

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting) Fax. (0341) 553015 Malang 65145  
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Nomor : ITN- 034 /III.TA/2/05  
Lampiran :  
Perihal : Survey

Malang, 15 September 2005


Kepada : Yth. Pimpinan  
PT. PLN (Persero)  
Jl. Jend Basuki Rahmat No. 100  
Di - Malang

Bersama ini dengan hormat kami mohon kebijaksanaan Saudara agar Mahasiswa kami dari Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Elektro S-1 Konsentrasi Energi Listrik dapat diijinkan untuk melaksanakan survey pada perusahaan yang saudara pimpin untuk mendapatkan data - data guna penyusunan Skripsi dengan judul :  
**Analisa Gangguan Voltage DIPS Pada Sistem Distribusi 20 KV Serta Pengaruhnya Terhadap Peralatan Listrik**  
Mahasiswa tersebut Adalah :

Ari Cahyo P Nim. 96.12.013

Adapun lamanya Survey adalah : 30 Hari

Demikian agar maklum dan atas perhatian serta bantuannya kami ucapkan terima kasih.

DEKAN  
Fakultas Teknologi Industri  
  
Ir. Mochtar Asroni, MSME  
Nip. Y.1018100036

Tembusan disampaikan kepada Yth :

1. Ketua Jurusan
2. Arsip

#SO/330/APJ - MLG/2005  
No : ITN-034/III.TA/2/05  
: \*  
: Balasan survey

Malang, 2 / September 2005

Kepada  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
MALANG**  
Jl. Bendungan Sigura-gura No.2  
Di  
Malang

Menjawab surat Saudara nomor ITN-034/III.TA/2/05 pada tanggal 15 September 2005 perihal tersebut diatas, dengan ini kami beritahukan bahwa pada prinsipnya kami tidak keberatan / mengizinkan mahasiswa saudara atas nama :

**Ari Cahyo P      NIM. 96.12.013**

Untuk melaksanakan Survey di Opdis dan UJ Malang PT. PLN (Persero) Area Pelayanan dan Jaringan Malang mulai tanggal 03 Oktober 2005 sampai dengan 28 Oktober 2005 dengan catatan PLN hanya memberikan data yang **TIDAK BERSIFAT RAHASIA**.

Sebelumnya diminta agar mahasiswa tersebut mengisi surat pernyataan, dilengkapi dengan pas photo ukuran 3 x 4 Cm di SDM & Administrasi PT. PLN (Persero) Area Pelayanan dan Jaringan Malang.

Demikian agar menjadikan maklum.

ASMEN SDM & ADMINISTRASI  
  
ABDURACHMAN SHODIQ, SH, ST

Tembusan :  
Manajer UJ Malang  
Supervisor Opdis

( Ari Cahyo P )