

**ANALISIS PENEMPATAN REAKTOR SERI UNTUK MEMBATASI
ARUS GANGGUAN PADA GARDU INDUK SENGKALING PENYULANG
JUNREJO MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP POWER STATION 4.7.4**

SKRIPSI



**Disusun oleh :
DENISIUS TOFFI
02.12.066**



**KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2011**

REPUBLICAN PARTY NATIONAL COMMITTEE
1200 MARKET STREET, PHILADELPHIA, PA. 19104
A. T. HOFFMAN, CHAIRMAN

SECRET

File under
PROY. 2027
067.21.22

REPUBLICAN PARTY NATIONAL COMMITTEE
1200 MARKET STREET, PHILADELPHIA, PA. 19104
A. T. HOFFMAN, CHAIRMAN
SECRET

LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISIS PENEMPATAN REAKTOR SERI UNTUK MEMBATASI
ARUS GANGGUAN PADA GARDU INDUK SENGKALING PENYULANG
JUNREJO MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP POWER STATION 4.7.4**

SKRIPSI

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

**Disusun Oleh :
DENISIUS TOFFI
02.12.066**

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Ir. YUSUF ISMAIL NAKHODA, MT

NIP.Y. 1018800189

**Diperiksa dan disetujui,
Dosen Pembimbing I**

Ir. H. TAUFIK HIDAYAT, MT

NIP.Y. 1018700151

**Diperiksa dan disetujui,
Dosen Pembimbing II**

AWAN UJI KRISMANTO, ST, MT

NIP. 132314402

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

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Denisius Toffi
NIM : 02.12.066
Program Study : Teknik Elektro
Kosentrasi : Energi Listrik S-1

Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi yang saya buat adalah hasil karya sendiri, tidak merupakan plagiasi dari karya orang lain. Dalam skripsi ini tidak memuat karya orang lain, kecuali dicantumkan sumbernya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat, dan apabila di kemudian hari ada pelanggaran atas surat pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksinya.

Malang, 20 - Maret – 2012

Yang Membuat Pernyataan

DENISIUS TOFFI

02.12.066

Lembar Persembahan

Pada kesempatan ini saya sebagai penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

- *TUHAN YESUS* yang telah melancarkan dan mendengarkan doa- doa saya.
- Kedua *ORANG TUA* saya yang telah memberikan dukungan dan motivasi selama ini.
- Adeku *INNO* dan *RISSET* tercinta, terima kasih support dan jasa-jasanya.
- *LINA*, makasih sudah menemaniku selama ini.
- *BERNAT* sang programmer, thank's bantuannya bro !!!
- Anak-anak *ST'02*, khususnya *JOKO, GUNTUR, DONNY, CEPEK, SUBHAN, REZA* dan yang laennya. Makasih rek...akhirnya aq jadi sarjana. Tidak lupa buat *RENDRA '97* tetap semangat yah !!!
- Anak-anak *Tidar Camp, Joyo Grand home, Karanglo, Ipmami malang*, makasih sudah membuat saya selalu tertawa.

Tanpa kalian semua mungkin saya tidak bisa menyelesaikan skripsi ini. Semoga *TUHAN YESUS* membalas kebaikan-kebaikan kalian semua. Amien !!!

ABSTRAK

ANALISA PENEMPATAN REAKTOR SERI UNTUK MEMBATASI ARUS GANGGUAN PADA GARDU INDUK SENGKALING PENYULANG JUNREJO MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP POWER STATION 4.7.4

DENISIUS TOFFI, NIM 02. 12. 066

Dosen Pembimbing : Ir. H. Taufik Hidayat, MT
Awan Uji Krismanto ST, MT

Hubung singkat merupakan salah satu jenis gangguan yang sering terjadi pada suatu sistem tenaga listrik, baik itu hubung singkat antara kawat phasa ke tanah maupun hubung singkat antara kawat yang berbeda phasanya. Gangguan hubung singkat akan menimbulkan arus hubung singkat yang cukup besar dan tegangan yang sangat rendah di lokasi gangguan, besar perubahan tegangan biasanya yang diperbolehkan berkisar antara -10% sampai +5% , untuk mengantisipasi arus hubung singkat pada saluran transmisi maka dipasang sebuah alat untuk mengkompensasi arus hubung singkat tersebut yaitu reaktor seri. Dengan dipasangnya reaktor seri pada saluran transmisi dan di simulasikan menggunakan software Etap Power Station maka arus gangguan hubung singkat dapat di kompensasi sebesar 0.109 kA sampai 0.303 kA.

Kata kunci : reactor seri, etap power station

KATA PENGANTAR

Puji Syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan berkat dan rahmat-Nya sehingga penelitian berjudul Analisa penempatan reaktor seri untuk membatasi arus gangguan pada gardu induk Sengkaling penyulang Junrejo menggunakan software Etap Power Station 4.7.4 dapat terselesaikan.

Penelitian ini dibuat untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar sarjana teknik. Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kami sampaikan pada:

1. Bapak Ir. Soeparno Djiwo, MT selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Ir. Sidik Noertjahjono, MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri ITN Malang.
3. Bapak Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1.
4. Bapak Ir. H. Taufik Hidayat MT, selaku Dosen Pembimbing I.
5. Bapak Awan Uji Krismanto ST, MT, selaku Dosen Pembimbing II.
6. Rekan-rekan Asisten Laboratorium Analisis Sistem Tenaga Teknik Elektro ITN Malang.
7. Semua pihak yang telah membantu dalam penulisan dan penyusunan penelitian ini.

Penyusun telah berusaha menampilkan penelitian ini dalam kondisi yang terbaik dan setepat mungkin, namun karena keterbatasan dan kelemahan yang ada, pasti terbuka kemungkinan kesalahan. Untuk itu penyusun mengharap masukan positif dari semua pihak untuk perbaikan penelitian ini.

Malang, Agustus 2011

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
ABSTRAK	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GRAFIK	viii

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	1
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Metodologi Penelitian.....	3
1.6. Relevansi	4

BAB II LANDASAN TEORI

2.1. Teori Dasar Listrik	5
2.1.1. Pengertian Arus	5
2.1.2. Pengertian Arus Bolak-balik	6
2.2. Pengertian Daya	11
2.2.1. Daya dalam Sistem Tenaga	11
2.2.2. Pengertian Faktor Daya	12
2.2.3. Faktor Daya "Leading"	15
2.1.2. Faktor Daya "Lagging"	16
2.3. Pengertian Transmisi Tenaga Listrik.....	16
2.5. Saluran Transmisi	21
2.6. Kategori Saluran Transmisi	22
2.7. Gangguan Sistem Tenaga Listrik.....	23

2.8. Jenis-Jenis Gangguan.....	24
2.9. Reaktor	24
2.10. Reaktor Seri	24
2.11. Gangguan Hubung Singkat.....	26

BAB III PEMODELAN PENEMPATAN REAKTOR SERI PADA ETAP

POWER STATION 4.7.4

3.1. <i>Software ETAP Power Station 4.7.4</i>	27
3.3. Algoritma Pemrograman.....	31
3.3.1. Algoritma Pemecahan Masalah	38
3.4. Flowchart Pemecahan Masalah Secara Umum	32

BAB IV ANALISA PEMASANGAN CLR DAN HASIL SIMULASI

4.1. Hasil Analisa Sebelum Pemasangan CLR (<i>Curent Limitting Reactor</i>).....	33
4.1.1. Hasil Pengujian Gangguan Pada Penyulang 30 Cycle Sebelum Pemasangan CLR.....	34
4.1.2. Hasil Pengujian Gangguan Pada Penyulang 1/2 Cycle Sebelum Pemasangan CLR.....	35
4.1.3. Hasil Pengujian Gangguan Pada Penyulang 4 Cycle Sebelum Pemasangan CLR.....	36
4.2. Hasil Analisa Sebelum Pemasangan CLR (<i>Curent Limitting Reactor</i>).....	37
4.2.1. Hasil Pengujian Gangguan Pada Penyulang 30 Cycle Sebelum Pemasangan CLR.....	38
4.2.2. Hasil Pengujian Gangguan Pada Penyulang 1/2 Cycle Sebelum Pemasangan CLR.....	39
4.2.3. Hasil Pengujian Gangguan Pada Penyulang 4 Cycle Sebelum Pemasangan CLR.....	40

4.3. Hasil perbandingan Saat terjadinya gangguan Hubung Singkat tanpa CLR dan menggunakan CLR.....	41
--	----

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan	42
-----------------------	----

DAFTAR PUSTAKA	43
-----------------------------	----

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

2-1. Bentuk arus Bolak-balik 1 fasa.....	7
2-2. Prinsip membangkitkan arus bolak-balik 3 fasa.....	7
2-3. Hubungan antara frekuensi , kecepatan putar dan tegangan	8
2-4. Segitiga Daya.....	13
2-5. Segitiga Arus	14
2-6. Faktor Daya “leading”.....	16
2-7. Faktor Daya “lagging”	16
2-8. Diagram umum sistem tenaga listrik	17
2-9. Rangkaian Pengujian Arus Searah.....	20
2-10. Hubungan antara jatuh tegangan, reaktor arus hubung singkat dan faktor daya.....	25
3-1. Tampilan Modul Utama	30

DAFTAR GRAFIK

2-1. Grafik Voltage Dip	30
-------------------------------	----

DAFTAR TABEL

2 - 1. Klasifikasi tegangan untuk power industri dan komersial sistem nilai tegangan.....	42
---	----

BAB I

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Gangguan pada peralatan ketenagalistrikan sudah menjadi bagian dari pengoperasian peralatan tenaga listrik. Mulai dari pembangkit, transmisi hingga pusat-pusat beban tidak pernah lepas dari berbagai macam gangguan. Bagian dari peralatan tenaga listrik yang sering mengalami gangguan adalah kawat transmisinya. Hal ini disebabkan luas dan panjang kawat transmisi yang terbentang dan beroperasi pada kondisi udara yang berbeda-beda, dimana pada umumnya yang lewat udara (diatas tanah) lebih rentan terhadap gangguan dari pada yang ditaruh dalam tanah (underground). Gangguan dalam sistem tenaga listrik merupakan keadaan yang tidak normal dimana keadaan ini dapat mengakibatkan kerusakan atau mempengaruhi sistem. Hubung singkat merupakan salah satu jenis gangguan yang sering terjadi pada suatu sistem tenaga listrik, baik itu hubung singkat antara kawat phasa ke tanah maupun hubung singkat antara kawat yang berbeda phasanya. Ketika hubung singkat terjadi, tegangan di tempat tersebut menjadi sangat rendah jika hubung singkatnya berupa busur api, dan akan mendekati nol jika hubung singkat yang terjadi langsung tanpa perantara busur api. Selain itu arus yang mengalir menuju titik hubung singkat menjadi sangat besar yang menyebabkan naiknya suhu kawat penghantar, dan jika dibiarkan dapat menyebabkan kerusakan pada isolasi, kerusakan mekanis pada konduktor dan pengaruh terhadap peralatan listrik yang ada disekitar titik hubung singkat.

Apabila hubung singkat yang terjadi dibiarkan terus akan dapat menyebabkan kebakaran dan kerusakan sistem tenaga listrik secara keseluruhan. Gangguan hubung singkat akan menimbulkan arus hubung singkat yang cukup besar dan tegangan yang sangat rendah di lokasi gangguan, besar perubahan tegangan biasanya yang diperbolehkan berkisar antara -10% sampai +5% , untuk mengantisipasi arus hubung singkat pada saluran transmisi maka dipasang sebuah alat untuk mengkompensasi arus hubung singkat tersebut yaitu reaktor seri. Untuk menganalisa perubahan arus dan tegangan pada saluran transmisi diperlukan suatu analisa dan simulasi terlebih dahulu dengan bantuan software *ETAP POWER STATION 4.7.4*.

2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka permasalahan yang timbul adalah :

1. Bagaimana cara untuk membatasi gangguan arus hubung singkat yang terjadi pada gardu induk sampai seksi sekecil mungkin.
2. Bagaimana cara penempatan reaktor seri pada gardu induk agar dapat bekerja pada saat adanya gangguan hubung singkat.

3. Tujuan Pembahasan

Tujuan penyusunan skripsi ini adalah untuk menganalisa penggunaan reaktor seri sebagai pembatas gangguan arus hubung singkat yang terjadi pada gardu induk menggunakan *ETAP PowerStation 4.7.4*.

4. Batasan Masalah

Agar pembahasan dalam skripsi akan lebih terarah sesuai dengan tujuan dan judul yang ada maka permasalahan dibatasi oleh beberapa hal sebagai berikut :

- a. Analisis dilakukan pada saat terjadi gangguan hubung singkat pada saluran.
- b. Analisa Menggunakan Software ETAP *PowerStation 4.7.4*.
- c. Pembahasan lebih ditekankan pada penggunaan reaktor seri.

5. Metodologi Penelitian

Dalam melaksanakan penulisan skripsi ini metodologi sebagai berikut:

- a. Studi literatur

Pengumpulan bahan yang berkaitan dengan gangguan arus hubung singkat yang terjadi pada saluran transmisi, reaktor seri dan penurunan rumus – rumus yang digunakan dalam skripsi ini.

- b. Pengumpulan Data

Melakukan pengambilan data yang akan dianalisa.

- c. Melakukan analisa dari data untuk parameter-parameter yang akan digunakan.

- d. Melakukan simulasi dari data yang ada ke dalam Blok Simulink Dengan Bantuan ETAP *PowerStation 4.7.4*.

- e. Menganalisa hasil Simulasi

- f. Menarik Kesimpulan.

6. Relevansi

Dengan adanya analisa pada saluran distribusi gardu induk Sengkaling penyulang Junrejo saat terjadi gangguan arus hubung singkat dapat diketahui berapa besar maksimal gangguan arus hubung singkat pada saluran dan untuk mereduksi arus gangguan tersebut dipasang reaktor seri yang berfungsi untuk membatasi gangguan arus hubung singkat. Dengan terpasangnya reaktor seri yang sesuai diharapkan dapat mengurangi gangguan arus hubung singkat tersebut.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tori Dasar Listrik

2.1.1. Pengertian Arus

Arus adalah mengalirnya electron secara kontinyu pada konduktor akibat perbedaan jumlah electron pada beberapa lokasi yang jumlah elektronnya tidak sama. satuan arus listrik adalah Ampere. 1 ampere arus adalah mengalirnya electron sebanyak 628×10^{16} atau sama dengan 1 Coulumb per detik meliwati suatu penampang konduktor.

$$i = \frac{q}{t} \quad [ampere]$$

Kuat Arus Listrik adalah arus yang tergantung pada banyak sedikitnya elektron bebas yang pindah melewati suatu penampang kawat dalam satuan waktu. Definisi : Amper adalah satuan kuat arus listrik yang dapat memisahkan 1,118 milligram perak dari nitrat perak murni dalam satu detik.

Rumus – rumus untuk menghitung banyaknya muatan listrik, kuat arus dan waktu.

$$Q = I \times t$$

$$I = \frac{Q}{t}$$

$$t = \frac{Q}{I}$$

$$1 \text{ (satu) Coulomb} = 6,28 \times 10^{18} \text{ electron}$$

Dimana :

Q = Banyaknya muatan listrik dalam satuan coulomb

I = Kuat Arus dalam satuan Amper.

t = waktu dalam satuan detik.

Rapat arus ialah besarnya arus listrik tiap-tiap mm^2 luas penampang kawat

Rumus-rumus dibawah ini untuk menghitung besarnya rapat arus, kuat arus dan penampang kawat.

$$S = \frac{I}{q}$$

$$I = Sq$$

$$q = \frac{I}{S}$$

Dimana : S = Rapat arus [A/mm^2]

I = Kuat arus [Amp]

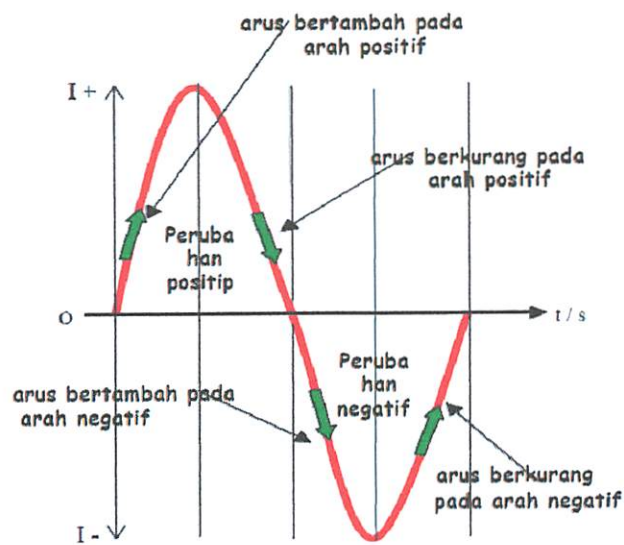
q = luas penampang kawat [mm^2]

2.1.2 Pengertian Arus Bolak-balik.

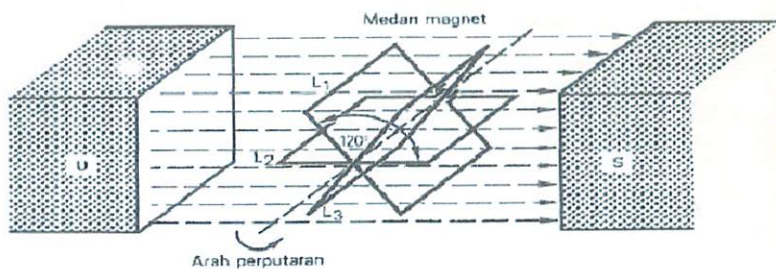
Bila sebatang penghantar digerakan sedemikian rupa didalam medan magnet, hingga garis-garis medan magnet terpotong bebas didalam penghantar akan bekerja gaya, yang menggerakkan elektron tersebut sejurus dengan arah penghantar. Akibatnya ialah penumpukan elektron (pembawa muatan negatif) disebelah bawah dan kekurangan elektron yang sebanding diujung batang sebelah

atas. Didalam batang penghantar terjadi tegangan, selama berlangsungnya gerakan penghantar didalam medan magnet.

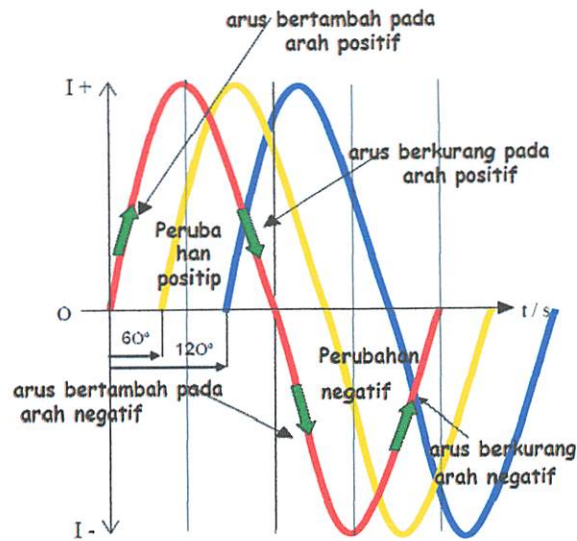
Membangkitkan tegangan dengan bantuan medan magnet dinamakan menginduksikan, dan kejadian itu sendiri dinamakan induksi tegangan



Gambar 2-1
Bentuk arus bolak-balik 1 fasa



Gambar 2-2
Prinsip membangkitkan arus bolak-balik 3



Gambar 2-3
Hubungan antara frekuensi, kecepatan putar dan tegangan

hubungan antara frekuensi, kecepatan putar dan tegangan yang timbul pada generator arus bolak balik.

- frekuensi.

$$f = \frac{PN}{120} [Hz]$$

dimana : P = jumlah kutub magnet.
N = putaran rotor permenit
F = jumlah lengkap putaran perdetik.

- E.M.F (electro motor force).

$$E = 4,44 K_c K_D \Phi f [Volt]$$

dimana : K_c = jarak antar kumparan atau pitch factor.
K_d = faktor distribusi.
Φ = fluks per kutub [weber]
F = frekwensi.

Persamaan tegangan bolak-balik (Alternating voltage equations). dengan diketahui bahwa perputaran kumparan dengan percepatan tertentu yaitu ω radians second atau 2π radians dan grafik tegangan untuk satu cycle adalah :

$$\omega = 2\pi f$$

Sesuai standart persamaan dari tegangan bolak-balik adalah :

- $e = E_m \sin \theta$
- $e = E_m \sin \omega\theta$
- $e = E_m \sin 2\pi ft$
- $e = E_m \sin \omega t$

a. Nilai sesaat (Instantaneous value).

Didefinisikan sebagai harga sesaat ketika berputar dimana nilai pada lokasi tertentu, untuk membedakan dengan notasi tegangan dan arus nilai sesaat dinotasikan sebagai e dan i (huruf kecil).

b. Nilai Puncak (peak value).

Disebut juga nilai maximum baik Positif (+) maupun negatif (-) baik untuk tegangan maupun arus dan disebut juga sebagai nilai maksimum.

c. Nilai rata-rata (average value).

Nilai rata-rata yang dihitung secara arithmetical satu cycle. nilai rata-rata arus dan tegangan bolak-balik yang berbentuk gelombang sinusoidal adalah :

$$E_{av} = 0,637 E_m \quad \text{dan} \quad I_{av} = 0,637 I_m \quad (0,637 = 2/\pi).$$

d. Nilai efektif, (effectiv value)

Harga efektif atau harga guna dari arus bolak-balik yang berbentuk sinus adalah suatu harga arus yang lebih penting dari pada harga arus rata-rata. Arus yang mengalir didalam suatu tahanan "R" selama waktu 't', akan melakukan sejumlah usaha yang menurut rumus :

$$A = I^2 \cdot R \cdot t \quad \text{[joule]}$$

usaha ini dalam bentuk panas. Jika tahanan R dilalui arus bolak-balik

$$i = I_m \cdot \sin \omega t$$

dan didalam waktu t yang sama, arus bolak-balik tersebut melakukan sejumlah pekerjaan yang sama besarnya dengan

$$= I_m^2 \cdot R \cdot t \quad \text{[joule]}.$$

Harga efektif arus bolak-balik adalah harga tetap dari arus rata yang didalam waktu yang sama melakukan sejumlah usaha ($I_m^2 \cdot R \cdot t$ [joule].) yang besarnya dengan usaha yang dilakukan oleh arus bolak-balik.

sehingga bentuk persamaan ts diatas berubah menjadi sbb :

$$A = I_m^2 \cdot \sin^2 \omega t$$

berarti ;

$$\begin{aligned} i^2 &= I_m^2 \cdot \sin^2 \omega t \\ &= I_m^2 \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cdot \cos 2\omega t \right) \\ &= \left(\frac{1}{2} I_m^2 - \frac{1}{2} \cdot I_m^2 \cos 2\omega t \right) \end{aligned}$$

Jadi arus i^2 merupakan arus campuran yang terdiri dari dua bagian yaitu :

- Bagian arus yang rata dengan harga $\frac{1}{2} I_m^2$.

• bagian yang berubah –ubah menurut rumus cosinus (grafik). $\frac{1}{2} \cdot I_m^2 \cos 2\omega t$

dari bagian yang rata adalah sebagai harga puncak yang jika dihitung merupakan harga efektif dari arus bolak-balik adalah akar dari harga puncak yaitu :

$$I_{eff} = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot I_m^2}$$

$$I_{eff} = I_m \sqrt{\frac{1}{2}}$$

$$I_{eff} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

Untuk tegangan sama :

$$V_{eff} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$$

2.2 Pengertian Daya

2.2.1 Daya Dalam Sistem Tenaga

Dalam sistem tenaga listrik, pembangkit-pembangkit tenaga listrik harus mampu menyediakan tenaga listrik kepada pelanggan sesuai dengan permintaan beban listrik yang ada, dan hal yang harus diperhatikan adalah sistem yang tetap (konstan). Dalam hal ini tegangan dan frekuensi harus tetap konstan karena berhubungan dengan daya.

Daya listrik yang dibangkitkan dikenal dengan istilah :

a. Daya Nyata (*Real Power*)

Daya nyata dinyatakan dalam persamaan :

$$P = |V| |I| \cos \theta$$

.....(2.1)

Daya nyata untuk beban 3 fasa seimbang

$$P = \sqrt{3} |V_{jala-jala}| |I_{jala-jala}| \cos \theta \dots\dots\dots(2.2)$$

b. Daya Reaktif (*Reactive Power*)

Daya reaktif adalah daya yang timbul karena adanya pembentukan medan magnet pada beban-beban induktif (KVAR).

Daya reaktif dinyatakan dalam persamaan :

$$Q = |V| |I| \sin \theta \dots\dots\dots(2.3)$$

Daya reaktif untuk beban 3 fasa seimbang :

$$Q = \sqrt{3} |V_{jala-jala}| |I_{jala-jala}| \sin \theta \dots\dots\dots(2.4)$$

c. Daya Semu (*Apparent Power*)

Daya semu dinyatakan dalam persamaan :

$$S = |V| |I| \dots\dots\dots(2.5)$$

Daya semu untuk beban 3 fasa seimbang :

$$S = \sqrt{3} |V| |I| \dots\dots\dots(2.6)$$

2.2.2 Pengertian Faktor Daya

Pada sebagian besar peralatan mengandung dua unsur / jenis beban yaitu beban resistif dan beban reaktif. Dalam hal ini maka akan membutuhkan pula komponen arus yang disebut arus I_r (arus beban resistif) dan arus I_x (arus beban reaktif), kedua komponen arus tersebut adalah :

1. Arus beban resistif adalah arus yang dikonversikan menjadi kerja, biasanya dalam bentuk panas, kerja mekanik, cahaya dan bentuk energi lain. Daya

yang dihasilkan dari adanya arus ini adalah daya kerja dengan satuan Watt, Kilo Watt, dsb.

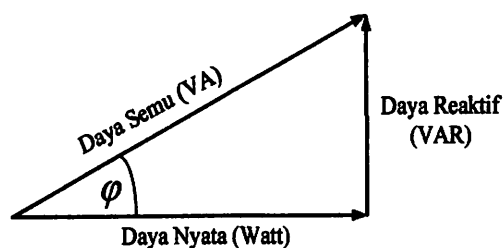
2. Arus beban reaktif mengalir pada komponen beban yang tidak dapat dikonversikan menjadi bentuk penggunaan energi lain secara langsung, tetapi keberadaannya tidak dapat dipisahkan dari kebutuhan beban antara lain untuk menghasilkan fluks dalam pengoperasian peralatan elektromagnetis (misalnya : trafo, motor induksi, dsb). Tanpa arus ini maka tidak ada arus magnetisasi dan energi tidak mengalir melalui trafo atau menembus celah udara pada motor induksi.

Setiap pemakaian daya reaktif akan menyebabkan turunnya faktor daya yang menyebabkan memburuknya karakteristik kerja peralatan-peralatan sistem pada umumnya, baik dari segi teknik operasional maupun segi ekonomisnya, faktor daya adalah perbandingan antara daya nyata dan daya semu.

$$\text{Faktor Daya} = \frac{\text{Daya Nyata (kW)}}{\text{Daya Semu (kVA)}} \dots\dots\dots(2.7)$$

Untuk daya semu sendiri dibentuk oleh dua komponen daya nyata (kw) dan daya reaktif (kVAR).

Hubungan ini dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2-4
Segitiga Daya

$$\text{Dengan faktor daya} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} \dots\dots\dots(2.8)$$

P = daya nyata (kW)

$$Q = V \cdot I \cdot \cos \varphi \dots\dots\dots(2.9)$$

daya reaktif (kVAR)

$$= V \cdot I \cdot \sin \varphi \dots\dots\dots (2.10)$$

S = daya semu (kVA)

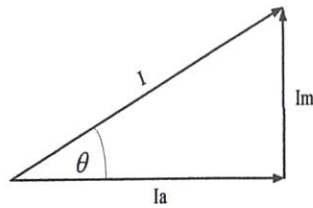
$$= V \cdot I \dots\dots\dots(2.11)$$

φ = sudut phase

Suatu beban akan membutuhkan suplai daya aktif jika beban tersebut bersifat induktif dan suatu beban membutuhkan suplai daya reaktif jika beban tersebut bersifat kapasitif. Jadi faktor daya dapat dilihat dari hubungan antara arus aktif, arus magnetisasi dan arus total.

- Arus nyata (I_a) adalah arus yang dibeban dan kedalam energi panas.
- Arus magnetisasi (I_m) adalah arus yang mengalir dibeban untuk menimbulkan medan magnet.
- Arus total (I) adalah arus yang mengalir di jaringan dan merupakan penjumlahan vektor dari arus nyata dan arus magnetisasi.

Dalam bentuk hubungan tersebut digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2-5
Segitiga Arus

Beberapa sebab sistem distribusi mempunyai faktor daya yang rendah, yaitu :

- Banyaknya pemakaian motor asinkron terutama pada industri.
- Makin meningkatnya pemakaian lampu TL untuk penerangan.
- Pemakaian pemanas air.

Menurunnya faktor daya berarti mengecilnya perbandingan antara daya nyata dengan daya semu atau berarti semakin membesarnya kebutuhan beban dan daya aktif.



Gambar 2-6
Saluran Primer Dengan Beban Terpusat

Karena pada saluran terdapat resistansi R dan reaktansi X maka rugi daya (P) dirumuskan sebagai berikut :

$$P_1 = I^2 R$$

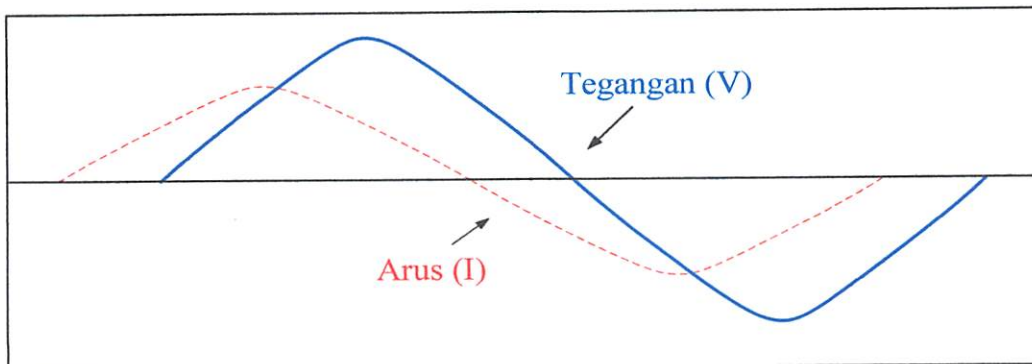
$$= (I \cos \theta)^2 R + (I \sin \theta)^2 R \dots\dots\dots(2.12)$$

dimana : I_R adalah arus aktif

I_X adalah arus reaktif

2.2.3 Faktor daya “Leading”

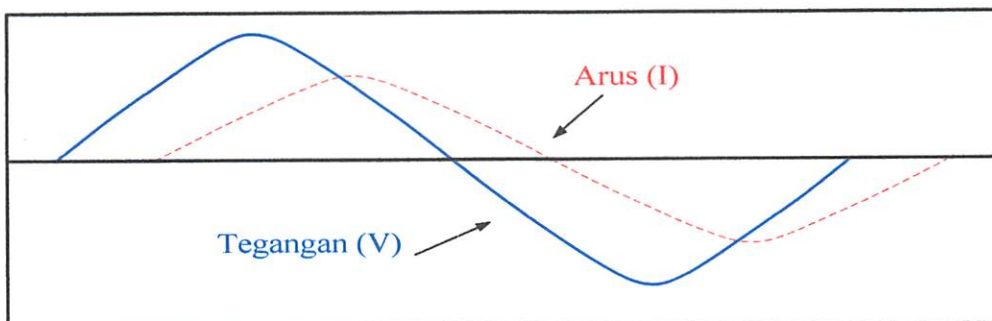
Apabila arus mendahului tegangan, maka faktor daya itu dikatakan *leading*. Faktor daya *leading* ini terjadi apabila bebannya kapasitif, seperti kapasitor, generator sinkron dan motor sinkron.



Gambar 2-7
Faktor Daya “Leading”

2.2.4 Faktor Daya “Lagging”

Apabila arus tertinggal dari tegangan, maka faktor daya itu dikatakan *lagging*. Faktor daya *lagging* ini terjadi apabila bebannya induktif, seperti motor induksi (AC) dan transformator.

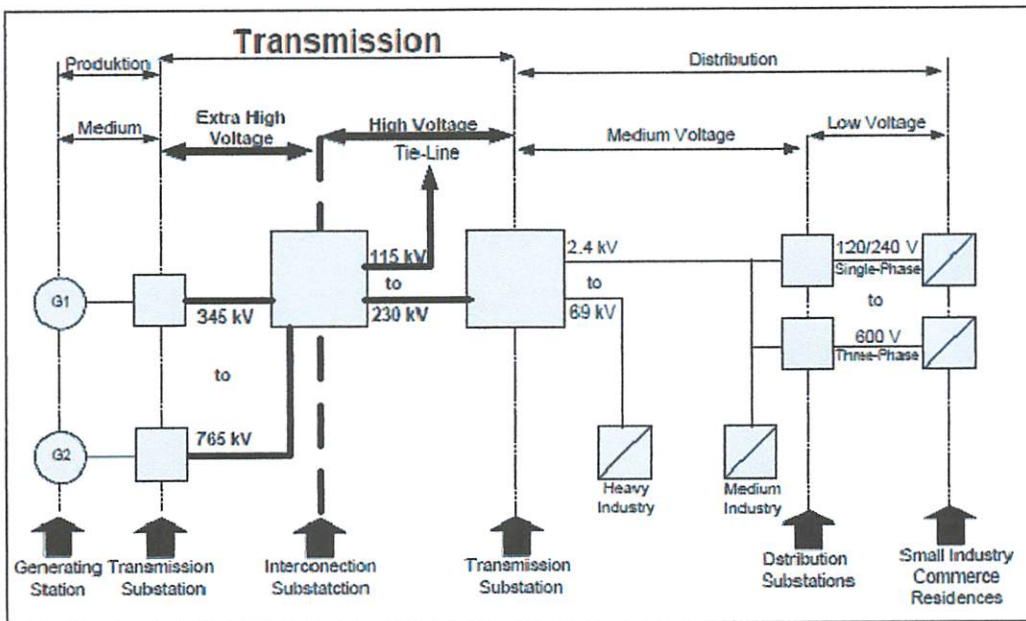


Gambar 2-8
Faktor Daya “Lagging”

2.3 Pengertian Transmisi Tenaga Listrik

Dalam banyak kasus penggunaan reaktor seri untuk membatasi gangguan hubung singkat tidak hanya ekonomis, tapi satu-satunya solusi teknis yang mungkin diberikan untuk mendesain sebuah pembangkit listrik, hal ini dikarenakan penggunaan dari reaktor seri sangat sederhana dan tanpa adanya modifikasi dan penggantian peralatan pada *switchgear*.

Transmisi tenaga listrik merupakan proses penyaluran tenaga listrik dari tempat pembangkit tenaga listrik (*Power Plant*) hingga *substation distribution* sehingga dapat disalurkan sampai pada konsumen pengguna listrik melalui suatu bahan konduktor.



Gambar 2-9
Diagram Blok Umum Sistem Tenaga Listrik

Gambar diatas menunjukkan blok diagram dasar dari sistem transmisi dan distribusi tenaga listrik. Yang terdiri dari dua stasiun pembangkit (*generating*

station) G1 dan G2, beberapa *substation* yaitu hubungan antar *substation* (*interconnecting substation*)

dan untuk bagian komersial perumahan (*commercial residential*), dan industrial loads. Transmisi berada pada bagian yang diberi arsir tebal. Fungsi dari bagian *transmission substation* menyediakan servis untuk merubah dalam menaikkan dan menurunkan tegangan pada saluran tegangan yang ditransmisikan serta meliputi regulasi tegangan. Standarisasi range tegangan internasional yaitu 345 kV hingga 765

kV untuk Saluran tegangan Ekstra Tinggi dan 115 kV hingga 230 kV untuk saluran tegangan Tinggi. Standarisasi tegangan Transmisi listrik di Indonesia adalah 500 kV

untuk Saluran ekstra Tinggi dan 150 kV untuk saluran Tegangan tinggi. Pada sistem tenaga listrik, jarak antara pembangkit dengan beban yang cukup jauh, akan menimbulkan adanya penurunan kualitas tegangan yang diakibatkan oleh rugirugi pada jaringan. Sehingga dibutuhkan suatu peralatan untuk memperbaiki kualitas tegangan dan diletakkan pada saluran yang mengalami drop tegangan. SVC (Static Var Compensator) berfungsi sebagai pemelihara kestabilan kondisi steady state dan dinamika voltase dalam batasan yang sudah ditentukan pada jaringan transmisi berjarak jauh dan berbeban tinggi (*heavily loaded*). Synchronous Condenser, sebagai

generator pensuplay arus gangguan, dan transformer dengan taps yaang variabel, Ini adalah jenis khusus transformator listrik yang dapat menambah atau mengurangi powered gulungan kawat, sehingga meningkatkan atau menurunkan

medan magnet dan tegangan keluaran dari transformator. ***Distribution Substation***, pada bagian ini merubah tegangan aliran listrik dari tegangan medium menjadi tegangan rendah dengan transformator step-down, dimana memiliki tap otomatis dan memiliki kemampuan untuk regulator tegangan rendah. Tegangan rendah meliputi rentangan dari 120/240V single phase sampai 600V, 3 phase. Bagian ini melayani perumahan, komersial dan institusi serta industri kecil. ***Interconnecting substation***, pada bagian ini untuk melayani sambungan percabangan transmisi dengan power tegangan yang berbeda serta untuk menambah kestabilan pada keseluruhan jaringan. Setiap substation selalu memiliki Circuit Breakers, Fuses, lightning arresters untuk pengaman peralatan. Antara lain dengan penambahan kontrol peralatan, pengukuran, switching, pada setiap bagian substation. Energi listrik yang di transmisikan didisain untuk Extra-high Voltage (EHV), High Voltage (HV), Medium Voltage (MV), dan Low Voltage (LV). Klasifikasi nilai tegangan ini dibuat berdasarkan skala standarisasi tegangan yang di tunjukkan pada tabel.

Kelas Tegangan	Dua Kabel	Tiga Kabel	Empat Kabel
Tegangan Rendah (LV)	120 single Phase	120/240 single phase 480 V 600 V	-120/208 277/480 347/600
Tegangan Medium (MV)		2400 4160 4800 6900 13800 23000 34500 46000 69000	7200/12470 7620/13200 7970/13800 14400/24940 19920/34500
Tegangan Tinggi (HV)		115000 138000 161000 230000	
Tegangan Extra Tinggi (EHV)		345000 500000 735000-765000	

Tabel 2-1
Klasifikasi Tegangan Untuk Power Industri dan Komersial Sistem Nilai Tegangan

Kategori sistem distribusi listrik dibagi menjadi 2, yaitu :

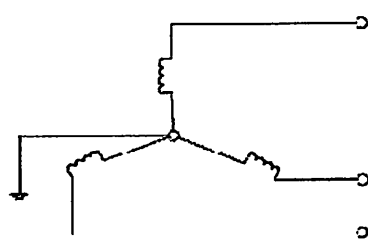
1. Sistem Transmisi, dimana saluran tegangan antara 115kV sampai 800kV

2. Sistem Distribusi, dimana rentangan tegangan antara 120V sampai 69kV.

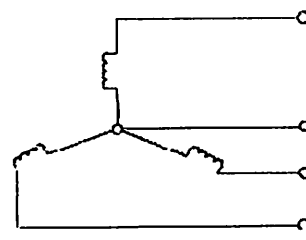
Distribusi listrik ini di bagi lagi menjadi tegangan menengah (2,4kV sampai 69kV) dan tegangan rendah (120V sampai 600V).

2.1. Saluran Transmisi

Saluran Transmisi merupakan media yang digunakan untuk mentransmisikan tenaga listrik dari Generator Station/ Pembangkit Listrik sampai distribution station hingga sampai pada konsumen pengguna listrik. Tenaga listrik di transmisikan oleh suatu bahan konduktor yang mengalirkan tipe Saluran Transmisi Listrik Penyaluran tenaga listrik pada transmisi menggunakan arus bolak-balik (AC) ataupun juga dengan arus searah (DC). Penggunaan arus bolak-balik yaitu dengan sistem tiga-fasa atau dengan empat-fasa.



sistem tiga-fasa



sistem empat-fasa

Saluran Transmisi dengan menggunakan sistem arus bolak-balik tiga fasa merupakan sistem yang banyak digunakan, mengingat kelebihan sebagai berikut :

- ❖ Mudah pembangkitannya

- ❖ Mudah perubahan tegangannya
- ❖ Dapat menghasilkan medan magnet putar

Dengan sistem tiga fasa, daya yang disalurkan lebih besar dan nilai sesaatnya konstan

2.2. Kategori Saluran Transmisi

Berdasarkan pemasangannya, saluran transmisi dibagi menjadi dua kategori, yaitu :

a. Saluran Udara (Overhead Lines), saluran transmisi yang menyalurkan energi listrik melalui kawat-kawat yang digantung pada isolator antara menara atau tiang transmisi. Keuntungan dari saluran transmisi udara antara lain :

1. Mudah dalam perbaikan
2. mudah dalam perawatan
3. mudah dalam mengetahui letak gangguan
4. Lebih murah

Kerugian :

1. Karena berada diruang terbuka, maka cuaca sangat berpengaruh terhadap keandalannya, dengan kata lain mudah terjadi gangguan dari luar, seperti gangguan hubungan singkat, gangguan tegangan bila tersambar petir, dan gangguan lainnya.
2. Dari segi estetika/keindahan kurang, sehingga saluran transmisi bukan pilihan yang ideal untuk transmisi di dalam kota.

b. Saluran kabel bawah tanah (underground cable), saluran transmisi yang menyalurkan energi listrik melalui kabel yang dipendam didalam tanah. Kategori

saluran seperti ini adalah favorit untuk pemasangan didalam kota, karena berada didalam tanah maka tidak mengganggu keindahan kota dan juga tidak mudah terjadi gangguan akibat kondisi cuaca atau kondisi alam. Namun tetap memiliki kekurangan, antara lain mahal dalam instalasi dan investasi serta sulitnya menentukan titik gangguan dan perbaikannya.

c. Saluran Isolasi Gas, Saluran Isolasi Gas (Gas Insulated Line/GIL) adalah Saluran yang diisolasi dengan gas, misalnya: gas SF₆, seperti gambar Karena mahal dan resiko terhadap lingkungan sangat tinggi maka saluran ini jarang digunakan.

2.3. Gangguan sistem tenaga listrik

Pada dasarnya suatu sistem tenaga listrik harus dapat beroperasi secara terusmenerus secara normal, tanpa terjadi gangguan. Akan tetapi gangguan pada sistem tenaga listrik tidak dapat dihindari. Gangguan dapat disebabkan oleh beberapa hal berikut :

- Gangguan karena kesalahan manusia (kelalaian)
- Gangguan dari dalam sistem, misalnya karena faktor ketuaan, arus lebih, tegangan lebih sehingga merusak isolasi peralatan.
- Gangguan dari luar, biasanya karena faktor alam. Contohnya cuaca, gempa, petir, banjir, binatang, pohon dan lain-lain.

2.4. Jenis-jenis gangguan

Jenis gangguan bila ditinjau dari sifat dan penyebabnya dapat dikelompokkan sebagai berikut :

- Beban lebih, ini disebabkan karena memang keadaan pembangkit yang kurang dari kebutuhan bebannya.
- Hubung singkat, jika kualitas isolasi tidak memenuhi syarat, yang mungkin disebabkan faktor umur, mekanis, dan daya isolasi bahan isolator tersebut.
- Tegangan lebih, yang membahayakan isolasi peralatan di gardu.
- Gangguan stabilitas, karena hubung singkat yang terlalu lama.

2.5. Reaktor

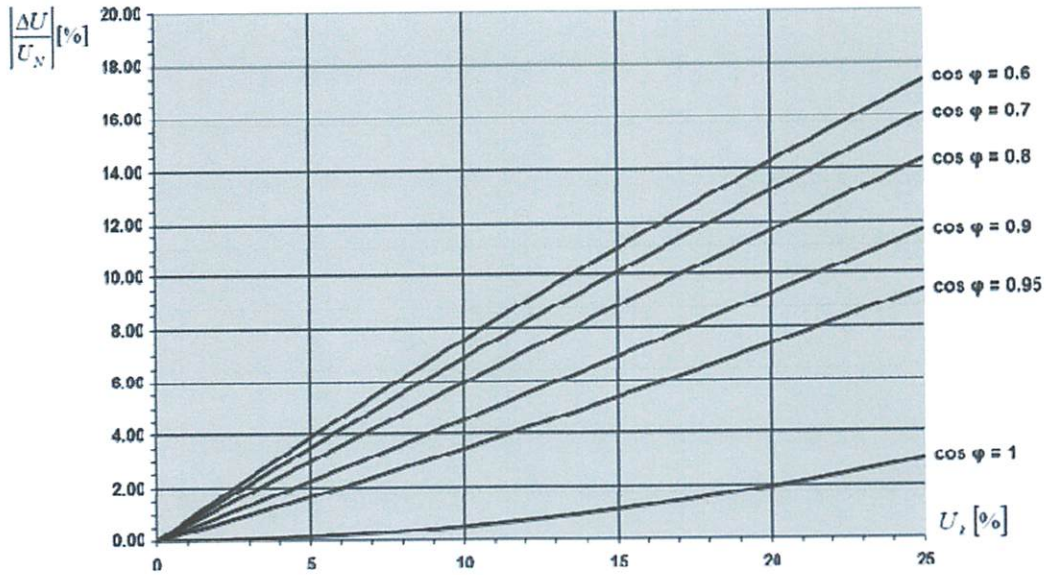
Reaktor merupakan peralatan listrik yang bersifat induktif, berdasarkan cara penempatannya dapat di klasifikasikan menjadi beberapa macam :

- a. Reaktor shunt, berfungsi sebagai beban induktif untuk mengkompensasikan daya reaktif kapasitif yang disebabkan oleh arus.
- b. Reaktor seri, berfungsi untuk mengkompensasikan arus hubung singkat.
- c. Reaktor pentanahan, berfungsi untuk mengkompensasikan arus gangguan kapasitif.

2.5.1. Reaktor seri

Dalam banyak kasus reaktor seri digunakan untuk mengkompensasi arus hubung singkat yang terjadi pada saluran transmisi dan tidak hanya bersifat ekonomis melainkan salah satu cara yang hanya bisa digunakan untuk mengatasi gangguan pada saluran transmisi. Fungsi dari reaktor pembatas arus gangguan

hubung singkat adalah untuk meningkatkan impedansi pada saluran transmisi jika terjadi gangguan hubung singkat.



Gambar 2-10

Hubungan antara jatuh tegangan, reaktor arus hubung singkat dan faktordaya

Jatuh tegangan pada sistem yang di hasilkan terhadap reaktor seri dapat di di hitung sebagai fungsi $\cos\phi$ sebagai berikut :

$$\left| \frac{\Delta U}{U_N} \right| = 1 - \frac{1}{\sqrt{1 + 2 \cdot u_k \sqrt{1 - \cos^2 \phi} + U_k^2}} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana : U_k adalah tegangan hubung singkat dari reactor

2.5.2. Gangguan Hubung Singkat

Hubung singkat sebagai salah satu gangguan dalam sistem tenaga listrik yang mempunyai karakteristik transient yang harus dapat diatasi oleh peralatan pengaman. Terjadinya hubung singkat mengakibatkan timbulnya lonjakan arus dengan magnitude lebih tinggi dari keadaan normal dan tegangan di tempat tersebut menjadi sangat rendah yang dapat mengakibatkan kerusakan pada isolasi, kerusakan mekanis pada konduktor, bunga api listrik, dan keadaan terburuk yaitu kegagalan operasi sistem secara keseluruhan. Ada beberapa jenis gangguan hubung singkat atau short circuit pada sistem tenaga listrik yaitu:

1. Simetri atau seimbang
 - a. Tiga fasa (LLL)
 - b. Tiga fasa ke tanah (LLLG)
2. Tidak simetri atau tidak seimbang
 - a. Satu fasa ke tanah (LG)
 - b. Dua fasa ke tanah (LLG)
 - c. Antar fasa (LL)

BAB III

PEMODELAN PENEMPATAN REAKTOR SERI PADA ETAP POWER STATION 4.7.4

3.1. ETAP *PowerStation* 4.7.4

ETAP *PowerStation* 4.7.4 merupakan program untuk menganalisa kondisi transien suatu sistem kelistrikan. Dan pada software ETAP *PowerStation* juga digunakan untuk mempelajari koordinasi peralatan pengaman listrik atau relay, menggambarkan setting waktu masing-masing relay, mengetes beragam konfigurasi relay-relay, semua dapat dilakukan dengan mudah dan *user friendly*. Untuk software sejenis, PowerPlot™ memiliki keunggulan dalam hal library yang mencakup hampir semua relay yang umum beredar dipasaran.

Dengan menggunakan PowerPlot™ maka koordinasi pengaman dalam sistem tenaga menjadi mudah, adapun fitur-fitur yang ada dalam PowerPlot™ antara lain :

- ***Time Current Characteristic (TCC) Window*** – berguna untuk memilih jenis-jenis relay, fuse, kurva kerusakan, dsb, kemudian memasukkan nilai yang diinginkan dan menggambarkan Time Current Characteristic masing-masing peralatan tersebut secara instan dalam komputer anda.
- ***Legend Window*** – berguna untuk menyisipkan catatan dalam kurva TCC anda, misalnya : nama perusahaan, nama proyek, tanggal, dan sebagainya.
- ***Single-Line Diagram Window*** – berguna untuk membuat one line diagram sistem pengaman hanya dengan *drag and drop*.

Dengan menggunakan PowerPlot™, anda dapat dengan cepat mengetes semua kemungkinan koordinasi peralatan pengaman-pengaman anda, menggambarkan kurva TCC-nya, menyimpannya untuk kemudian dipresentasikan, semua dapat dilakukan dengan mudah dan cepat.

Program ini didesain berdasarkan tiga konsep, yaitu:

- **Operasi Nyata Secara Virtual (*Virtual Reality Operation*)**

Pengoperasian program mirip dengan pengoperasian listrik secara nyata. Seperti ketika menutup atau membuka CB, membuat suatu elemen keluar dari rangkaian, mengganti status operasi motor dan lain sebagainya. ETAP *PowerStation* memiliki konsep-konsep baru dalam menentukan koordinasi peralatan pengaman secara langsung dari *single line diagram*.

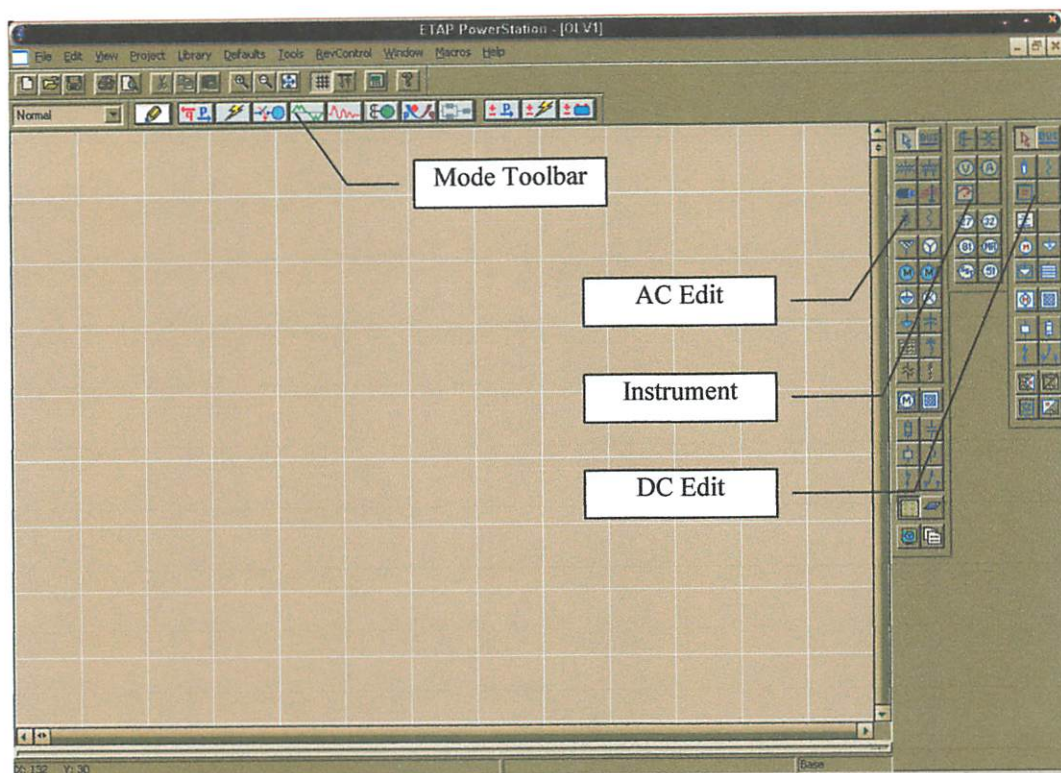
- **Data Gabungan Total (*Total Integration of Data*)**

ETAP *PowerStation* menggabungkan konsep elektrik, logika, mekanik dan fisik dari suatu elemen sistem dalam database yang sama. Sebagai contoh: sebuah kabel, tidak hanya terdiri dari data sifat-sifat listrik dan dimensi fisik, tetapi juga informasi yang mengindikasikan jalur yang dilalui. Gabungan data data ini menentukan konsistensi sistem secara keseluruhan dan menghindarkan dari pemasukan data yang berulang-ulang untuk element yang sama.

- **Kesederhanaan Dalam Memasukkan Data**

ETAP *Power Station* menggunakan data lengkap dan setiap peralatan listrik yang kadang hanya membutuhkan sama jenis pemasukan data. Data editor dapat mempercepat proses memasukkan data dengan membutuhkan data minimum.

Standar yang digunakan ETAP *PowerStation* versi 4.7.4 ada dua yaitu IEEE JEC. Hal ini berdasarkan kenyataan bahwa dalam sistem tenaga, karena didunia terbagi dalam dua satuan umum. Dalam gambar 4.1 terdapat *toolbar AC Edit, DC Edit* dan *Instrument* yang merupakan kumpulan dari alat-alat ukur. *AC Edit* digunakan untuk menggambar jaringan AC, *DC Edit* digunakan untuk menggambar rangkaian DC. Dimana setiap kelompok *tools* tersebut terdapat bus, kabel, CB, fuse, beban dan lain sebagainya. Mode *Toolbar* digunakan untuk me-running program. Analisa yang dapat dilakukan antara lain adalah analisa aliran daya, hubung singkat, motor *starting*, harmonisa, stabilitas trarisien, koordinasi relay dan lain sebagainya. Komponen diletakan pada modul dengan cara *click* kiri sekali pada salah satu *tool* yang diinginkan, lalu diletakkan pada modul dengan *click* kiri. Kemudian melakukan pengisian data dengan cara *double click* salah satu peralatan yang ada di modul yang telah dipilih untuk pengisian data parameter maupun keterangan secara lengkap.



Gambar 3.1. Tampilan Modul Utama

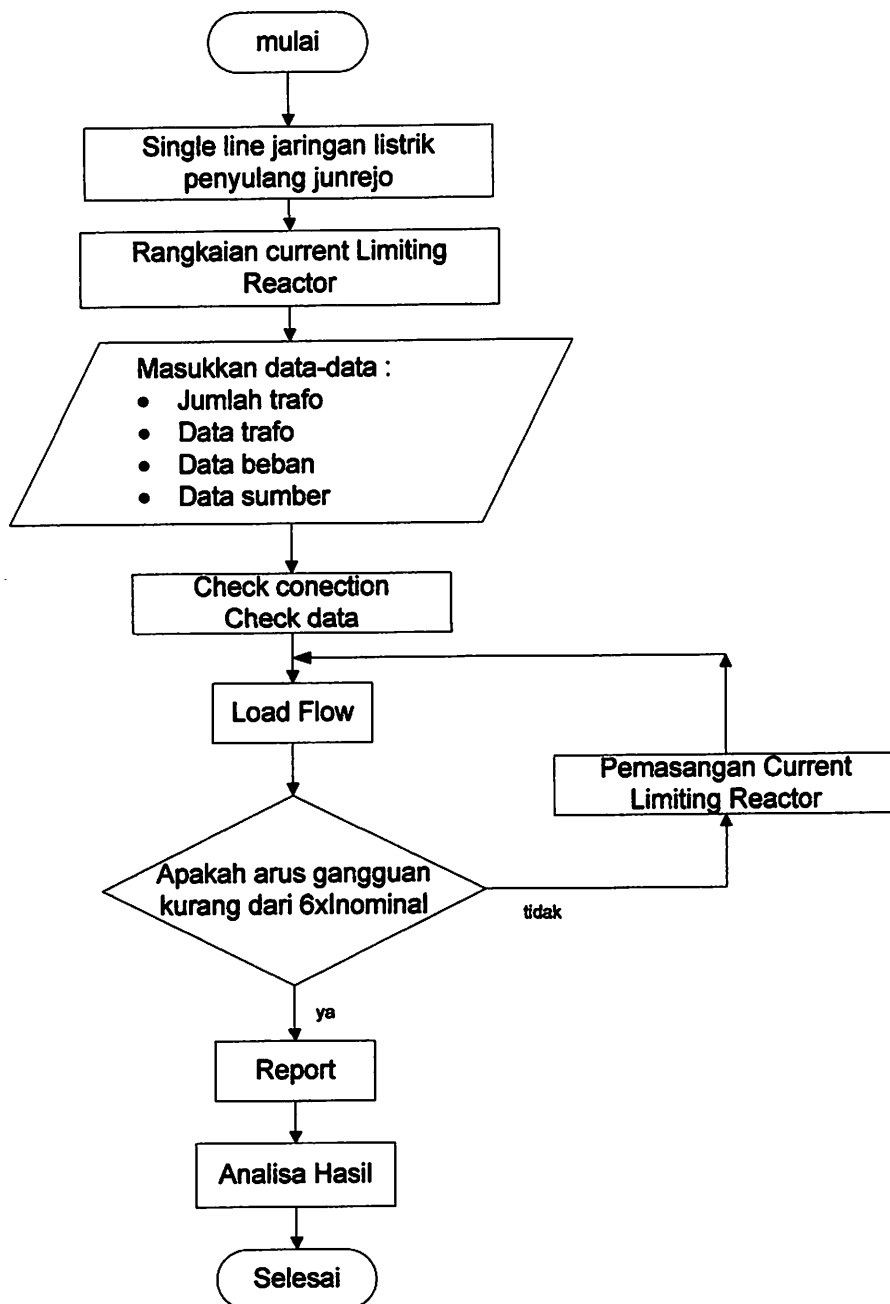
3.3. Algoritma Pemrograman

3.3.1. Algoritma Pemecahan Masalah

1. Menggambar single line jaringan listrik GI sengkaling Penyulang Junrejo pada *ETAP power station 4.7.4*
2. Penempatan reaktor seri
3. Memasukan Data .
4. Menjalankan simulasi menggunakan *ETAP power station 4.7.4*
5. Menampilkan Hasil Simulasi.
6. Arus gangguan melebihi $6 \times I$ nominal
7. Pemasangan CLR.
8. Tampilkan hasil.
9. Selesai.

3.4. Flowchart Pemecahan Masalah Secara Umum

3.4.1. Simulasi

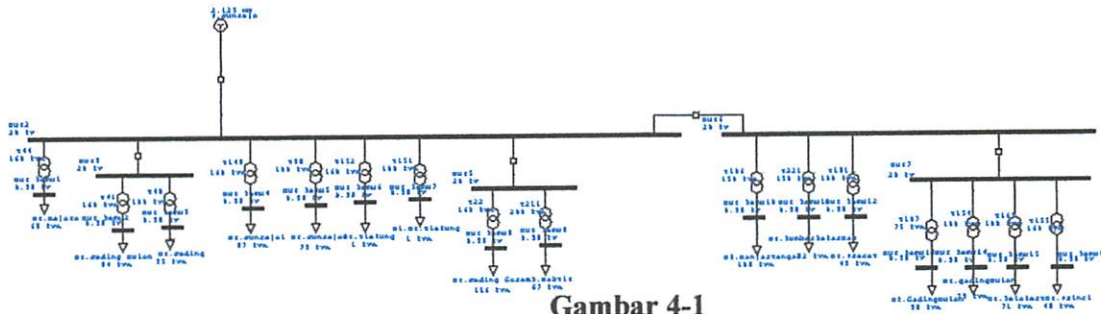


Flowchart penggunaan *Current Limiting Reactor* Dengan software *Etap Power Station*
7.4.7

BAB IV
ANALISA PEMASANGAN CLR (Current Limiting Reactor)
DAN HASIL SIMULASI

4.1. Hasil Analisa Sebelum Pemasangan CLR (Curent Limiting Reactor)

Untuk menentukan parameter – parameter pada GI Sengkaling Penyulang Junrejo maka dilakukan pengambilan data yang dibutuhkan di lokasi penyulang Junrejo, dan disimulasikan menggunakan software Etap Power Station 4.7.4 saat terjadi nya gangguan hubung singkat sebelum pemasangan dan saat pemasangan reaktor seri.



Gambar 4-1
Single line Diagram Sebelum Pemasangan CLR

Gambar diatas merupakan single line diagram simulasi gangguan hubung singkat sebelum pemasangan CLR (current Limiting Reactor) pada Etap Power Station 4.7.4

4.1.1. Hasil Pengujian Gangguan Pada Penyulang 30 Cycle Sebelum Pemasangan CLR.

Project:	ETAP PowerStation	Page:	6
Location:	4.0.0C	Date:	12-11-2011
Contract:		SN:	KLGGCONSULT
Engineer:	Study Case: 5C	Revision:	Base
Filename: Aedy		Config:	Normal

SHORT-CIRCUIT REPORT

3-Phase (30 cycle network) fault at bus: Bus2

Nominal kV = 20.000 Prefault Voltage = 100.00 % of nominal bus kV
Base kV = 20.000 = 100.00 % of base kV

Contribution		30-Cycle				
From Bus ID	To Bus ID	% V From Bus	kA Real	kA Imaginary	X/R Ratio	kA rms Sym. Magnitude
Bus2	Total	6.00	0.003	-0.314	92.0	0.314
Bus Sema5	Bus1	6.00	0.000	0.000	999.9	0.000
Bus Sema1	Bus1	6.00	0.000	0.000	999.9	0.000
Bus Sema4	Bus1	6.00	0.000	0.000	999.9	0.000
Bus Sema7	Bus1	6.00	0.000	0.000	999.9	0.000
Bus Sema6	Bus1	6.00	0.000	0.000	999.9	0.000
P.Juaraja	Bus1	100.00	0.003	-0.314	92.0	0.314
Bus Sema8	Bus5	6.00	0.000	0.000	999.9	0.000
Bus Sema9	Bus5	6.00	0.000	0.000	999.9	0.000
Bus Sema3	Bus3	6.00	0.000	0.000	999.9	0.000
Bus Sema4	Bus3	6.00	0.000	0.000	999.9	0.000
Bus Sema10	Bus6	6.00	0.000	0.000	999.9	0.000
Bus Sema12	Bus6	6.00	0.000	0.000	999.9	0.000
Bus Sema11	Bus6	6.00	0.000	0.000	999.9	0.000
Bus Sema13	Bus7	6.00	0.000	0.000	999.9	0.000
Bus Sema14	Bus7	6.00	0.000	0.000	999.9	0.000
Bus Sema16	Bus7	6.00	0.000	0.000	999.9	0.000
Bus Sema15	Bus7	6.00	0.000	0.000	999.9	0.000

Indicates a fault current contribution from a three-winding transformer

Tabel 4 - 1

Gangguan Hubung Singkat 30 Cycle Sebelum Pemasangan CLR

Table 4-1 diatas merupakan hasil simulasi pada saat terjadinya gangguan hubung singkat 30 cycle sebelum pemasangan CLR (*Curent Limiting Reactor*), dari hasil tabel diatas dapat kita lihat besar gangguan yang ditimbulkan pada saat terjadinya gangguan sebesar 0.314 kA.

4.1.2 Hasil Pengujian Gangguan Pada Penyulang 1/2 Cycle Sebelum Pemasangan CLR

EIAP Pemasangan
 4.0.0C
 Date: 13-11-2011
 SN: ELZCONSULT
 Barisan: Bata
 Config: Standard
 Study Case: \$C
 Page: 1

SHORT-CIRCUIT REPORT

Fault at bus: Bar7
 Normal KV = 20.000 Prefault Voltage = 100.00 % of normal bus KV
 Base KV = 20.000 = 100.00 % of base KV

Contribution		3-Phase Fault			Line-To-Coround Fault		
From Bus ID	To Bus ID	% V From Bus	KA Symm. min	% Voltage at From Bus	Ve	Ia	KA Symm. min 30
	Total			Va	Vb		
Bar1	Total	0.00	0.601	0.00	100.00	100.00	0.601
Bar Seari ¹	Bar1	0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000
Bar Seari ²	Bar1	0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000
Bar Seari ³	Bar1	0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000
Bar Seari ⁴	Bar1	0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000
Bar Seari ⁵	Bar1	0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000
Bar Seari ⁶	Bar1	0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000
Bar Seari ⁷	Bar1	0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000
Bar Seari ⁸	Bar1	0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000
Bar Seari ⁹	Bar1	0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000
Bar Seari ¹⁰	Bar1	0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000
Bar Seari ¹¹	Bar1	0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000
Bar Seari ¹²	Bar1	0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000
Bar Seari ¹³	Bar1	0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000
Bar Seari ¹⁴	Bar1	0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000
Bar Seari ¹⁵	Bar1	0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000
Bar Seari ¹⁶	Bar1	0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000
Bar Seari ¹⁷	Bar1	0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000

* Indicates fault current contribution is from three-winding transformers.
 * Indicates a zero sequence fault current contribution (I10) from a grounded Delta-Y transformer.

Tabel 4 – 2

Gangguan Hubung Singkat 1/2 Cycle Sebelum Pemasangan CLR

Table 4-2 diatas merupakan hasil simulasi pada saat terjadinya gangguan hubung singkat 1/2 cycle sebelum pemasangan CLR (*Current Limiting Reactor*), dari hasil tabel diatas dapat kita lihat besar gangguan yang ditimbulkan pada saat terjadinya gangguan sebesar 0.601 kA.

4.1.3. Hasil Pengujian Gangguan Pada Penyulang 4 Cycle Sebelum Pemasangan CLR

Project	ETAP PowerStation	Page:	7
Location:	4.0.0C	Date:	12-13-2011
Contact:		SN:	KLGGCONSULT
Engineer:	Study Case: SC	Revision:	Base
Filename: Ardy		Config:	Normal

SHORT-CIRCUITREPORT

Fault at bus: Bus1

Nominal kV = 70.000 Prefault Voltage = 100.00 % of nominal bus kV
 Base kV = 20.000 = 100.00 % of base kV

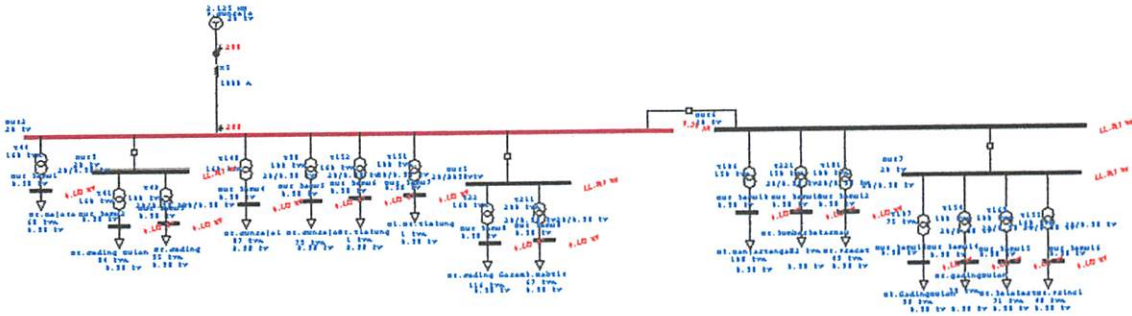
Contribution	From Bus ID	To Bus ID	3-Phase Fault			Line-to-Ground Fault			Positive & Zero Sequence Impedances Looking into "From Bus"				
			% V From Bus	kA Symm. rms	% Voltage at From Bus	kA Symm. rms	% Impedance on 100 MVA base	R1	X1	R0	X0		
			Va	Vb	Vc	I1	I2	I3					
Bus1	Total		0.00	0.601	0.00	100.00	100.00	0.001	0.601	1.00E+00	4.80E+01	1.00E+01	4.80E+02
Bus Sema3	Bus1		0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000	0.000				
Bus Sema4	Bus2		0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000	0.000				
Bus Sema4	Bus2		0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000	0.000				
Bus Sema7	Bus2		0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000	0.000				
Bus Sema5	Bus2		0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000	0.000				
Fluaseya	Bus2		100.00	0.001	100.00	100.00	100.00	0.001	0.601	1.00E+00	4.80E+01	1.00E+01	4.80E+02
Bus Sema8	Bus5		0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000	0.000				
Bus Sema9	Bus5		0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000	0.000				
Bus Sema3	Bus3		0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000	0.000				
Bus Sema1	Bus3		0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000	0.000				
Bus Sema10	Bus6		0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000	0.000				
Bus Sema12	Bus6		0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000	0.000				
Bus Sema11	Bus6		0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000	0.000				
Bus Sema13	Bus7		0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000	0.000				
Bus Sema14	Bus7		0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000	0.000				
Bus Sema16	Bus7		0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000	0.000				
Bus Sema15	Bus7		0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000	0.000				

* Indicates fault current contribution is from three-winding transformers
 * Indicates a zero sequence fault current contribution (I0) from a grounded Delta-Y transformer

Tabel 4 – 3
Gangguan Hubung Singkat 4 Cycle Sebelum Pemasangan CLR

Table 4-3 diatas merupakan hasil simulasi pada saat terjadinya gangguan hubung singkat 4 cycle sebelum pemasangan CLR (*Curent Limiting Reactor*), dari hasil tabel diatas dapat kita lihat besar gangguan yang ditimbulkan pada saat terjadinya gangguan sebesar 0.601 kA.

4.2. Hasil Analisa Setelah Pemasangan CLR (*Curent Limiting Reactor*)



Gambar 4 – 2

Single line Diagram Sebelum Pemasangan CLR

Gambar diatas merupakan single line pada saat pemasangan CLR (current Limiting Reactor) menggunakan Etap Power Station 4.7.4. besarnya CLR yang dipasang pada single line bernilai 1000 A, 20 kv

4.2.1. Hasil Pengujian Gangguan Pada Penyulang 30 Cycle Setelah Pemasangan CLR

Project	ETAP PowerStation	Page:	6
Location:	J.B.PC	Date:	13-11-2011
Contract:		SN:	KLCCONSULT
Engineer	Study Case: SC	Revisor:	Pesa
Filename: psmasangan		Config:	Manual

SHORT-CIRCUIT REPORT

3-Phase (30 cycle network) fault at bus: Bus2
 Nominal KV = 20.000 Prefault Voltage = 100.00 % of nominal bus KV
 Base KV = 20.000 = 100.00 % of base KV

From Bus ID	To Bus ID	% V From Bus	kA Real	kA Imaginary	X/R Ratio	kA ms Sym Magnitude	30-Cycle	
							kA Real	kA Imaginary
Bus2	Total	0.00	0.005	-0.205	40.2	0.205		
Bus 3-aman0	Bus2	0.00	0.000	0.000	999.9	0.000		
Bus 3-aman1	Bus2	0.00	0.000	0.000	999.9	0.000		
Bus 3-aman4	Bus2	0.00	0.000	0.000	999.9	0.000		
Bus 3-aman7	Bus2	0.00	0.000	0.000	999.9	0.000		
Bus 3-aman6	Bus2	0.00	0.000	0.000	999.9	0.000		
Bus9	Bus2	34.64	0.005	-0.205	40.2	0.205		
Bus 3-aman8	Bus2	0.00	0.000	0.000	999.9	0.000		
Bus 3-aman9	Bus2	0.00	0.000	0.000	999.9	0.000		
Bus 3-aman3	Bus2	0.00	0.000	0.000	999.9	0.000		
Bus 3-aman2	Bus2	0.00	0.000	0.000	999.9	0.000		
Bus 3-aman10	Bus2	0.00	0.000	0.000	999.9	0.000		
Bus 3-aman12	Bus2	0.00	0.000	0.000	999.9	0.000		
Bus 3-aman11	Bus2	0.00	0.000	0.000	999.9	0.000		
Bus 3-aman13	Bus2	0.00	0.000	0.000	999.9	0.000		
Bus 3-aman14	Bus2	0.00	0.000	0.000	999.9	0.000		
Bus 3-aman16	Bus2	0.00	0.000	0.000	999.9	0.000		
Bus 3-aman15	Bus2	0.00	0.000	0.000	999.9	0.000		

Indicates a fault current contribution from a three-winding transformer

Tabel 4 – 4

Gangguan Hubung Singkat 30 Cycle Setelah Pemasangan CLR

Tabel 4-4 diatas merupakan hasil simulasi pada saat terjadinya gangguan hubung singkat 30 cycle setelah pemasangan CLR (*Curent Limiting Reactor*), dari hasil tabel

diatas dapat kita lihat arus gangguan yang dapat di reduksi pada saat terjadinya gangguan sebesar 0.205 kA.

4.2.2. Hasil Pengujian Gangguan Pada Penyulang 1/2 Cycle Setelah Pemasangan CLR

Project:	ETAP PowerStation	Page:	7
Location:	4.0.0C	Date:	12-14-2011
Contract:		SN:	KLGGCONSULT
Engineer:	Study Case: SC	Revision:	Base
Filename: pemasangan		Config:	Normal

SHORT CIRCUIT REPORT

Fault at Bus: Bus1
 Nominal LV = 70.000 Prefault Voltage = 100.00 % of nominal bus LV
 Base LV = 20.000 = 100.00 % of base LV

From Bus ID	To Bus ID	3-Phase Fault		Line-To-Ground Fault				Positive & Zero Sequence Impedance Looking into "From Bus"						
		% LV From Bus	kA Symm rms	% Voltage at From Bus	Va	Vb	Vc	Ia	Ib	Ic	% Impedance on 100 MVA base			
Contribution											R1	X1	R0	X0
Bus1	Total	0.00	0.298	0.00	100.00	100.00	0.298	0.298			3.50E+01	9.67E+02	3.50E+01	9.67E+02
Bus Source1	Bus1	0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000	0.000						
Bus Source2	Bus2	0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000	0.000						
Bus Source3	Bus3	0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000	0.000						
Bus Source4	Bus4	0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000	0.000						
Bus Source5	Bus5	0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000	0.000						
Bus Source6	Bus6	0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000	0.000						
Bus Source7	Bus7	0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000	0.000						
Bus Source8	Bus8	0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000	0.000						
Bus Source9	Bus9	0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000	0.000						
Bus Source10	Bus10	0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000	0.000						
Bus Source11	Bus11	0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000	0.000						
Bus Source12	Bus12	0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000	0.000						
Bus Source13	Bus13	0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000	0.000						
Bus Source14	Bus14	0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000	0.000						
Bus Source15	Bus15	0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000	0.000						

* Indicates fault current contribution is from three-winding transformers
 * Indicates a zero sequence fault current contribution (I0) from a grounded Delta-Y transformer

Tabel 4 – 5

Gangguan Hubung Singkat 1/2 Cycle Setelah Pemasangan CLR

Tabel 4-5 diatas merupakan hasil simulasi pada saat terjadinya gangguan hubung singkat 1/2 cycle setelah pemasangan CLR (*Curent Limiting Reactor*), dari hasil tabel diatas dapat kita lihat arus gangguan yang dapat di reduksi pada saat terjadinya gangguan sebesar 0.298 kA.

4.2.3. Hasil Pengujian Gangguan Pada Penyulang 4 Cycle Setelah Pemasangan CLR

Project:	ETAP PowerStation	Page:	1
Location:	4.0 OC	Date:	12-14-2011
Contract:		SN:	KLGCCONSULT
Engineer:	Study Case: SC	Revision:	Basic
Filename: pematangan		Config:	Normal

SHORT CIRCUIT REPORT

Fault at bus: Bus1

Nominal kV = 20.000 Prefault Voltage = 100.00 % of nominal bus kV
 Base kV = 20.000 = 100.00 % of base kV

From Bus ID	Contribution To Bus ID	3-Phase Fault			Line-To-Ground Fault			Positive & Zero Sequence Impedances: Looking into "From Bus"				
		% V From Bus	kA Symm rms	% Voltage at From Bus			kA Symm rms Ia	JSD	% Impedance on 100 MVA base			
				Va	Vb	Vc			R1	X1	R0	X0
Bus1	Total	0.00	0.298	0.00	100.00	100.00	0.298	0.298	3.30E+01	9.67E+01	3.30E+01	9.67E+01
Bus_Scan6	Bus1	0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000	0.000				
Bus_Scan1	Bus1	0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000	0.000				
Bus_Scan4	Bus1	0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000	0.000				
Bus_Scan7	Bus1	0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000	0.000				
Bus_Scan2	Bus1	0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000	0.000				
Bus1	Bus1	0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000	0.000				
Bus_Scan5	Bus5	0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000	0.000	1.40E+01	4.67E+01	1.40E+01	4.67E+01
Bus_Scan6	Bus5	0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000	0.000				
Bus_Scan8	Bus5	0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000	0.000				
Bus_Scan3	Bus3	0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000	0.000				
Bus_Scan11	Bus3	0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000	0.000				
Bus_Scan10	Bus3	0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000	0.000				
Bus_Scan12	Bus6	0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000	0.000				
Bus_Scan13	Bus6	0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000	0.000				
Bus_Scan14	Bus7	0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000	0.000				
Bus_Scan15	Bus7	0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000	0.000				
Bus_Scan16	Bus7	0.00	0.000	57.74	57.74	100.00	0.000	0.000				

* Indicates fault current contribution is from three-winding transformers
 * Indicates a zero sequence fault current contribution (JSD) from a grounded Delta-Y transformer

Tabel 4 – 6
Gangguan Hubung Singkat 4 Cycle Setelah Pemasangan CLR

Tabel 4-6 diatas merupakan hasil simulasi pada saat terjadinya gangguan hubung singkat 4 cycle setelah pemasangan CLR (*Current Limiting Reactor*), dari hasil tabel diatas dapat kita lihat arus gangguan yang dapat di reduksi pada saat terjadinya gangguan sebesar 0.298 kA.

4.3. Hasil perbandingan Saat terjadinya gangguan Hubung Singkat tanpa CLR dan menggunakan CLR

Besar Gangguan	Id (bus)	kV	Symetrical kA
30 Cycle	Bus 2	20	0.314
½ Cycle	Bus 2	20	0.601
4 Cycle	Bus 2	20	0.601

Tabel 4 – 7

Data Hasil Gangguan Hubung Singkat Sebelum Pemasangan CLR

Besar Gangguan	Id (bus)	kV	Symetrical kA
30 Cycle	Bus 2	20	0.205
½ Cycle	Bus 2	20	0.298
4 Cycle	Bus 2	20	0.298

Tabel 4 – 8

Data Hasil Gangguan Hubung Singkat Setelah Pemasangan CLR

Dari data hasil gangguan hubung singkat sebelum pemasangan dan setelah pemasangan CLR dapat dilihat pada tabel 4 – 7 dan 4 – 8, dengan terpasangnya CLR pada penyulang arus gangguan hubung singkat dapat direduksi sekecil mungkin.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari analisa yang dilakukan pada saat terjadi arus hubung singkat tanpa terhubung CLR dan terhubung CLR dengan durasi 30 cycle, $\frac{1}{2}$ cycle, 4 cycle sebagai berikut :

1. Pada saat terjadi gangguan hubung singkat 30 cycle dengan pemasangan CLR besar arus gangguan dapat direduksi dari 0.314 kA menjadi 0.205 kA.
2. Pada saat terjadi gangguan hubung singkat $\frac{1}{2}$ cycle dengan pemasangan CLR besar arus gangguan dapat direduksi dari 0.601 kA menjadi 0.298 kA.
3. Pada saat terjadi gangguan hubung singkat 4 cycle dengan pemasangan CLR besar arus gangguan dapat direduksi dari 0.601 kA menjadi 0.298 kA.

Dengan begitu penggunaan CLR pada penyulang sangat bermanfaat untuk mereduksi arus gangguan hubung singkat yang terjadi pada penyulang.

DAFTAR PUSTAKA

1. IEEE Std. 1159-1995, IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality. IEEE, November 1995.
2. 1993, Rashid Muhammad H, "*Power Electronics Circuit, Devices, and Application*", Prentice Hall.
3. R.C. Dugan, M.F. McGranaghan, and H.W. Beatys,
4. P Steglich, "*Kurzschlussberechnung mit Hilfe von reduzierten prozentualen Spannung-sabfällen*" (*Short-circuit calculation by means of reduced percentage voltage drops*), in German, ETZ Nr.
5. Zuhal." Dasar Teknik Tenaga Listrik" Penerbit ITB Bandung.
6. William D. Stevenson. JR "*Analisis Sistem Tenaga Listrik*", Edisi Ke-4. Erlangga.
7. 1990, Djiteng, Marsudi, *Operasi Sistem Tenaga Listrik* .
8. Elgerd, OI, "*Elektrc Energy System Theory an Introduction*", Tata Mc Graw-Hill, New Delhi, 1071
9. 1999, Saadat, Hadi. "*Power System Analysis*", Singapore: McGraw Hill Inc..
10. 1986, Turan Gonen," *Electric Power Distribution System Engineering*", Mc Graw-Hill.



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

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

BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

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

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**


1. **Nama** : DENISIUS TOFFI
2. **NIM** : 02.12.066
3. **Jurusan** : TEKNIK ELEKTRO S-1
4. **Konsentrasi** : TEKNIK ENERGI LISTRIK
5. **Judul Skripsi** : ANALISA PENEMPATAN REAKTOR SERI UNTUK MEMBATASI ARUS GANGGUAN PADA GARDU INDUK SENGKALING PENYULANG JUNREJO MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP POWER STATION 4.7.4

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

Hari : Sabtu
Tanggal : 20 Agustus 2011
Dengan Nilai : 71,5 (B +)

Panitia Ujian Skripsi

Ketua



(Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT)
NIP. Y. 1018800189

Sekretaris


(Dr. Eng. Aryuanto Soetedjo, ST, MT)
NIP. Y. 1030800417

Anggota Penguji

Penguji I


(Ir. Choirul Saleh, MT)
NIP. Y. 1018800190

Penguji II


(Bambang Prio Hartono, ST, MT)
NIP. Y.1028400082

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
BERITA ACARA LULUS SKRIPSI

1. Nama : DENISUS TOFF
 2. NIM : 0212006
 3. Jurusan : TEKNIK ELEKTRO 2-1
 4. Konsentrasi : TEKNIK ENERGI LISTRIK
 5. Judul Skripsi : ANALISA PERUBAHAN REAKTOR SISI INTAK
 MEMBATAS ARUS GANGGUAN PADA GARDU INDUK
 SINGKAPAN PLANTANG JERINDO MENDONGKARAKAN
 SORTWARE LAP POWER STATION 47A

1) diperbolehkan dibacakan di depan Majelis Penguji Skripsi Jurusan Saun (2-1) pada :
 Hari : Sabtu
 Tanggal : 20 Agustus 2011
 Pukul : 11.30 (H +)

Panitia Ujian Skripsi

Sekretaris

Ketua

(Dr. Eng. Armanus Soedjono ST, MT)
 NIP. 7.1030800417

(Dr. Ir. Hani Nurhuda, MT)
 NIP. 7.1012800180

Anggota Penguji

Penguji II

Penguji I

(Rahmad Firdaus ST, MT)
 NIP. 7.1032400032

(Dr. Ir. Hani Nurhuda, MT)
 NIP. 7.1012800180



PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

Dari hasil ujian skripsi Jurusan Teknik Elektro jenjang strata satu (S-1) yang diselenggarakan pada :

Hari : Sabtu
Tanggal : 20 Agustus 2011

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

1. Nama : Denisius Toffi
2. NIM : 02.12.066
3. Jurusan : Teknik Elektro
4. Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
5. Judul Skripsi

ANALISA PENEMPATAN REAKTOR SERI UNTUK
MEMBATASI ARUS GANGGUAN PADA GARDU INDUK
SENGKALING PENYULANG JUNREJO MENGGUNAKAN
SOFTWARE ETAP POWER STATION 4.7.4

No	Materi Perbaikan	Ket
1	Sempurnakan Bab I, II, III, IV, V	
2	Jelaskan prinsip dasar dari : Daya, arus, tegangan, $\cos \phi$, segitiga daya, beda tegangan searah dan bolak-balik	

Diperiksa dan disetujui,

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II

Ir. Choirul Saleh, MT
NIP. Y. 10188001901

Bambang Prio Hartono, ST, MT
NIP. Y.1028400082

Mengetahui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. H. Taufik Hidayat, MT
NIP. Y. 1018700151

Awan Uji Krismanto ST, MT
NIP. 198003012005011002