

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



**STUDI TENTANG FENOMENA *VOLTAGE SAGS*  
(*DIPS*) DAN DAMPAKNYA TERHADAP  
OPERASIONALISASI INDUSTRI DI PT. SASA INTI  
GENDING-PROBOLINGGO**

**SKRIPSI**

Disusun Oleh:  
**HERU UTOMO**  
NIM : 97.12.031



**APRIL 2005**

REPUBLICAN PARTY  
STATE COMMITTEE  
1000 MARKET STREET  
SAN FRANCISCO, CALIF.

REPUBLICAN PARTY  
STATE COMMITTEE  
1000 MARKET STREET  
SAN FRANCISCO, CALIF.

18911010

REPUBLICAN PARTY  
STATE COMMITTEE  
1000 MARKET STREET  
SAN FRANCISCO, CALIF.

18911010

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**STUDI TENTANG FENOMENA *VOLTAGE SAGS (DIPS)* DAN  
DAMPAKNYA TERHADAP OPERASIONALISASI INDUSTRI DI  
PT. SASA INTI GENDING PROBOLINGGO**

**SKRIPSI**

*Disusun dan diajukan untuk melengkapi dan memenuhi syarat  
guna mencapai gelar Sarjana teknik*

*Disusun Oleh:*

**HERU UTOMO  
NIM : 97.12.031**

**Diperiksa dan Disetujui**

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Dosen Pembimbing



  
Ir. F. YUDI LIMPRAPTONO, MT  
NIP. Y. 10396500274

  
Ir. WIDODO PUDJI M., MT  
NIP. 102.8700171

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

## PESAN - PESAN PERJUANGAN

Demi Waktu ① Sesungguhnya Manusia Itu Berada Dalam Kerugian ② Kecuali Orang-orang Beriman Dan Beramal Saleh Dan Salng Menasehati Demean Kebenaran (Islam) dan Kesabaran ③  
\*\* Q.S. Al Ashr; 1-3 \*\*

*Janganlah kamu bersikap lemah dan bersedih hati, kamu adalah orang-orang yang paling tinggi derajat jika kamu beriman*  
2.S. Al Imran; 139

“ Manusia dilahirkan dalam keadaan bebas; tapi di mana-mana ia terbelenggu. Yang satu mengira dirinya majikan lain, tapi tetap menjadi budak yang lebih terkait daripada mereka.”

Jean Jacques  
Rousseau

Q.S Ath Thaaq; 1-4

-1-  
Demi langit dan yang datang pada malam hari  
-2-  
Tahukah kamu apa yang datang pada malam hari  
-3-  
Yaitu bintang yang cahayanya menembus  
-4-  
Tidak ada suatu jiwapun (diri) melaiakan ada penjaganya

“.....Sesungguhnya Allah tidak akan merubah keadaan sesuatu kaum, sehingga merka berubah keadaan yang ada pada dirinya sendiri.....”

(Q.S. Ar Ra'd; 11)

**Kamu adalah sebaik-baik ummat yang dilahirkan untuk manusia, mengajak kepada yang bener dan mencegah kejahatanh (mungkar).....**

(Q.S. Ali Imron; 110)

## LEMBAR PERSEMBAHAN

Sebuah proses yang sangat panjang dan banyak yang terlibat dalam penyusunan dan penyelesaian skripsi ini. Saya dapat menyelesaikan skripsi ini merupakan suatu hal terindah yang pernah ku miliki untuk yang kesekian kalinya dalam hidup saya. Untuk itu juga saya ingin sekali mengucapkan TERIMA KASIH.. THANK YOU kepada semua pihak yang terlibat langsung ataupun tidak langsung. Dan saya persembahkan skripsi ini pada:

**Kepada Orang Tua Saya yang Tercinta**

Kasih sayang engkau tidak pernah pudar selalu menyinari batin dan jiwaku. Terima kasih yang sebesar-besarnya atas semua supportnya n do'anya

**Semua Saudara Kandung Saya  
Adik Agus, Adik Novi**

Terima kasih buuuanyak atas segala dukungannya. Untuk adik Novi cepet-cepet nyelesain kuliah nya n dik Agus jangan lupa berdo'a yakin usaha sampai.....

**Ir. Widodo Pudji M., MT.**

Dosen pembimbing saya yang telah mendampingi saya dalam menyelesaikan skripsi ini n gak pernah bosan-bosan. Saya ucapkan terima kasih n maaf mohon yang gue de banget.

**Ir. Suharyono  
H. Soejano, ST.**

Selaku Pimpinan Pabrik PT. SASA INTI Gending-Probolinggo n Selaku sie-Op PT. PLN (Persero) P<sub>3</sub>B UBS Waru Area IV Jawa-Bali yang telah memberikan bantuannya dalam melengkapi kebutuhan penyusunan skripsi ini.

**Ir. F. Yudi Limpraptono, MT.**

Selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro (S-1) Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang. Harapan besar saya dalam kepemimpinan bapak, elektro terus maju n gak pernah pantang mundur barang sejengkalpun.

**Ir. Mimin Mustikawati**

Selaku Sekretaris Jurusan T. Elektro (S-1) Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang. Saya ucapkan terima kasih atas segala-nya.

**CV. TIGADUTA  
Ismawan, ST.  
Jufri Ismail, ST.  
Arifani, SE.  
Bowo, ST.  
Zakarya, Spd.  
Moch. Ropik**

semoga visi "*Membangun Kemandirian Ekonomi dan Kemandirian Sosial*" dapat segera terwujud. *Amin*

**Ir. Sidik Noetjahjono, MT.**  
Serta Adminya **Mas Eko, Ajie, Glenn, Arief**  
**“sinyo”, Yasin, Wahyu “bayan”, Nur,**  
**Nanang, Tita, Adin, ade lia**  
LAB. INTERNET ITN MALANG

Yang telah memberikan *support* saran dan pendapat serta bantuan baik material dan spiritual.

*Special Thanks To My Dream Women*

Yang penuh kesabaran, ketabahan, keikhlasan dan penuh kasih. Semoga Allah SWT menerima amal perbutan baiknya. *Amin.*

**Andi “Oon” Fauzi (Elka/95)**  
**Lukman “Bibir” Ferdinand (ST/97)**  
**Aries “Keceng” Bangun (ST. D3/00)**  
**Rudi “Nail\_XL”(ST. D3/02)**

Yang berada di **BANDA ACEH** selamat berjuang n bekerja kawan. Semoga Allah S.W.T yang membalas nya, *Amin.* Tapi jangan lupa rek yang belum lulus tuh....dikelarin jangan terlalu lama terlena.

**Temen-temen ELEKTRO ST EXPONEN**  
**‘97**

Yang belon lulus cepet lulus biar nggak disayang dosen-dosen n yang udah lulus *good luck.* Banyak hal kenangan yang nggak mudah untuk kita singkirkan dalam ingantan. Kapan kumpul-kumpul lagi rek.....

**Lukman “Item” Hakim (ST/97)**  
**Ajie “Ndut” (ST/96)**  
**Andi “Oon” Fauzi (Elka/95)**  
**Lukman “Bibir” Ferdinand (ST/97)**  
**Wahyu “Bayan” (ST/00)**  
**M\_Ita\_r (Industri/98)**

Yang juga terlibat membantu dalam penyelesaian skripsi ini. Kapan rek bergelar sarjana sekolah itu candu lho. Sekali lagi saya ucapkan terima kasih.

**Panjaitan Dalam 17 Community**  
(Mas Is ‘94/Kimia, Nyai ‘95/Plano, Jufri ‘96/Kimia, Fani ‘96/Mesin, Lukman ‘97/ST, Dodi ‘98/Geo, Rully “Kacong” ‘98/Geo, Bintoro ‘98/mesin, Sukron ‘01/Geo, Sinyo ‘01/Geo, Nur ‘03/Elka)

Jaga kebersihan n jangan lupa bayar uang bulanannya.....☺

**AREMANIA Community**



Kami Aremania Kami Selalu Dukung AREMA di Manapun Berada Kami Selalu Ada Karena Kami AREMANIA

\*\*\*\*\*

AREMA tidak kemana-mana, tapi ada dimana-mana.

\*\*\*\*\*

Kepada semua temen saya, baik lama maupun baru, atas dukungan antusias nya yang melampaui impian, saya ucapkan terima kasih.

**MEDIO 2005**

**HERU UTOMO**

## ABSTRAKSI

### STUDI TENTANG FENOMENA *VOLTAGE SAGS (DIPS)* DAN DAMPAKNYA TERHADAP OPERASIONAL INDUSTRI DI PT. SASA INTI GENDING-PROBOLINGGO

*Heru Utomo*  
*T. Elektro Energi Listrik (S-1)*  
*Institut Teknologi Nasional Malang*

*Ir. Widodo Pudji M, MT*  
*Dosen Pembimbing*

Secara umum kualitas daya listrik merupakan syarat penting bagi konsumen, khususnya bagi konsumen yang menggunakan peralatan sensitif terhadap kualitas daya listrik (industri yang bersekala besar). Untuk itu diperlukan parameter kualitas daya listrik yang terpasang, antara lain terjadinya kontinuitas daya listrik yang disalurkan, adanya regulasi tegangan yang ketat, harmonisa tegangan yang rendah, dan jika terjadi gangguan tidak berdampak negatif terhadap peralatan listrik.

Permasalahan serius yang terjadi terkait dengan kualitas daya listrik adalah fenomena terjadinya *voltage sags* yang menyebabkan kerugian dan berdampak negatif pada konsumen. Permasalahan tersebut seharusnya dapat diantisipasi oleh PT. PLN sebagai pemasok energi listrik dan begitu juga konsumen.

*Voltage sags* (tegangan kedip) terjadi karena gangguan pada system saluran. Dalam skripsi ini menjelaskan beberapa faktor penyebab terjadinya gangguan yaitu faktor internal ataupun eksternal, secara umum gangguan yang sering terjadi diakibatkan oleh faktor alam (angin, petir, keadaan alam, hujan, dan lain-lain)

Skripsi ini mendeskripsikan tentang penyebab terjadinya *voltage sags* (tegangan kedip) pada PT. PLN selaku pemasok tenaga listrik, dampak pada peralatan operasi industri selaku konsumen tenaga listrik, dan beberapa kemungkinan solusinya. Selain itu juga menganalisa terhadap peralatan yang sensitif terhadap gangguan tegangan kedip. Dalam skripsi ini juga menjelaskan tentang keadaan daya pada saat terjadi gangguan.

**Kata Kunci :**

*Voltage Sags, Load Flow, Dampak, Newton-Rapshon, Penyebab Internal dan Eksternal, PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo*

## KATA PENGHANTAR

Teriring salam dan do'a semoga Allah SWT tetap melimpahkan rahmat dan Hidayah-Nya pada kita sckalian dalam mengemban amanah dan menjalankan tugas sehari-hari di muka bumi ini sebagai *khalifa fill ardl. Amin.*

Sholawat serta dalam salam mudah-mudahan tetep kita tercurahkan pada jujungan besar Muhammad SAW, Nabi akhir zaman yang telah mengentas ummat manusia dari era *kejahiliyahan* menuju pencerahan sehingga ummat manusia dalam menjalankan roda kehidupan di dunia dalam jalan yang lurus yakni jalan yang diridloi oleh Allah SWT *Shirothol Mustaqim.*

Skripsi ini diajukan sebagai syarat untuk menyelesaikan perkuliahan di jurusan Teknik Elektro Program Studi Energi Listrik (S-1) Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang. *Alhamdulillah* dan Puji syukur kehadiran Allah SWT, akhirnya dalam proses yang begitu panjang skripsi ini bisa saya selesaikan dengan baik.

Penulis mengambil judul skripsi ini karena adanya beberapa permasalahan yang disebabkan oleh gangguan sistem dapat merugikan konsumen selain itu juga mengingat bahwa pelayanan PT. PLN dalam hal ini pelayanan kualitas daya yang terpasang masih belum memuaskan konsumen. Apalagi pada industri skala besar yang menggunakan peralatan sensitif seperti *Progamnable Logic Controller* (PLC), dan pcralatan sensitif lainnya.

Fenomena tegangan kedip (*voltage sags*) merupakan salah satu bentuk gangguan sistem saluran yang dapat mengganggu operasional industri walaupun waktu terjadinya tegangan kedip sangat singkat (0.1 ms -- 1 detik). Pada skripsi ini



mengambil kasus tersebut di PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo. Selain itu juga pada skripsi ini mencoba memberikan beberapa solusi yang terkait denganantisipasi dan penyelesaian terjadinya fenomena *voltage sags*.

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan dalam kesempatan yang berbahagia ini, pada :

1. **Kedua Orang Tua Penulis**, yang telah memberikan dukungan moral dan matriil hingga terselesaikannya skripsi ini dengan kasih sayang sepanjang masa nan tiada kata akhir.
2. **Ir. Widodo Pudji M., MT**, selaku dosen pembimbing, yang telah memberikan bimbingan dan tutunan dalam mcnyusun skripsi ini di sela-sela aktifitas kesibukannya.
3. **Ir. Suharyono**, Selaku Pimpinan Pabrik PT. SASA INTI Gending-Probolinggo dan **H. Soejano, ST** Selaku sie-Op PT. PLN (Persero) P<sub>3</sub>B UBS Waru Area IV Jawa-Bali yang telah memberikan bantuannya dalam melengkapi kebutuhan penyusunan skripsi ini.
4. **Ir. F. Yudi Limpraptono, MT**, Ketua Jurusan Teknik Elektro (S-1) Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.
5. **Ir. Mimin Mustikawati**, selaku Sekretasris Jurusan Teknik Elektro (S-1) Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.
6. Seluruh pegawai dan karyawan **CV. TIGADUTA**, semoga visi "*Membangnun Kemandirian Ekonomi dan Kemandirian Sosial*" terwujud. *Amin*.

7. **Ir. Sidik Noetjahjono, MT** Selaku Kepala Lab. Internet ITN Malang berserta jajaran ADMINnya yang telah memberikan *support* saran dan Sekali lagi saya ucapkan terima kasih.

Yang terakhir bahwa penulis menyadari adanya banyak kekurangan dalam penyusunan dan penulisan di skripsi ini, tentunya harapan besar penulis adalah adanya saran, kritik dan masukan konstruktif agar skripsi ini lebih baik dan menuju kesempurnaan.

Semoga Allah SWT meridloi apa yang telah kita kerjakan di bumi ini dan semoga skripsi yang disusun ini menjadi manfaat bagi penyusun dan pembaca lainnya, manfaat bagi semuanya *Rahmatan lil 'alamiin. Amin ya robal 'alamiin.*

*Billahittaufiq wal hidayah*

Malang, April 2005

**Penulis**

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b>	
<b>LEMBAR PESETUJUAN</b>	
<b>ABSTRAKSI.....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xii</b>
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2.. Permasalahan.....	3
1.3. Tujuan.....	4
1.4. Batasan Masalah.....	5
1.5. Mentodologi .....	5
1.6. Sistematika .....	7
<b>BAB II. FENOMENA VOLTAGE SAGS (DIPS) PADA SISTEM TENAGA LISTRIK</b>	
2.1 <i>Power Quality</i> .....	9
2.2. Permasalahan Umum.....	13

2.3.	Penyebab <i>Voltage Dips</i> .....	16
2.4.	Estimasi Karakteristik Gangguan.....	18
2.4.1.	Variasi Amplitudo Tegangan Dan Durasi .....	19
2.4.2.	Pergeseran Fasa .....	20
2.4.3.	Ketidakseimbangan Tegangan Sistem .....	20
2.5.	Karakteristik Peralatan Industri.....	21
2.5.1.	Motor Listrik (Mesin Sikron, Asikron).....	21
2.5.2.	Kontaktor.....	22
2.5.3.	Peralatan Kontrol dan Pengaturan <i>drives</i> Kecepatan ..	23
2.5.3.1.	<i>AC Drive</i> .....	23
2.5.3.2.	<i>DC Drive</i> .....	25
2.5.4.	<i>Programmable Logic Controller (PLC)</i> .....	28
2.6	Teori Analisa Gangguan.....	28
2.6.1.	Gangguan Tiga Fasa Simetris .....	30
2.6.2.	Gangguan Tak Simetris .....	31
2.7.	Kuantitas Per Unit .....	32
2.8.	Peyeleesaian dan Studi Aliran Beban.....	33
2.8.1.	Studi Aliran Beban.....	34
2.8.2.	Penyelesaian Aliran Beban dengan Metode Newton – Raphson .....	36
2.9.	Penggunaan <i>Software ETAP PowerStation</i> .....	39

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65  
66  
67  
68  
69  
70  
71  
72  
73  
74  
75  
76  
77  
78  
79  
80  
81  
82  
83  
84  
85  
86  
87  
88  
89  
90  
91  
92  
93  
94  
95  
96  
97  
98  
99  
100

### **BAB III. DATA PENUJANG PEMBAHASAN**

3.1	Profil PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo .....	40
3.2.	Data Teknis PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo .....	41
3.3.	Data Gangguan PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo .....	43
3.4.	Kedip Tegangan di Sistem Jawa Bali.....	47
3.6.	Data Teknis Saluran Daya Listrik PT. PLN (Persero) ke Arah PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo .....	47

### **BAB IV. PEMBAHASAN DAN HASIL**

4.1	Metode Analisa Data.....	53
4.2.	Analisa Gangguan PLN.....	55
4.3.	Analisa Peyebab Internal.....	80
4.4.	Dampak Operasional Industri.....	80
4.5.	Solusi yang Dapat Dilakukan Oleh PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo .....	82
4.6.	Solusi yang Dapat Dilakukan Untuk Mengurangi Kedip Tegangan Oleh PT. PLN (PERSERO).....	83

### **BAB V. PENUTUP**

5.1.	Kesimpulan.....	85
5.2.	Saran.....	89

### **DAFTAR PUSTAKA**

### **LAMPIRAN A**

### **LAMPIRAN B**

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Variasi Tegangan ( <i>Flicker</i> ) .....	10
Gambar 2.2. Variasi Frekuensi.....	10
Gambar 2.3. <i>Short Duration Variations</i> .....	11
Gambar 2.4. <i>Interruptions</i> .....	12
Gambar 2.5. <i>Long Duration Voltage Variation</i> .....	12
Gambar 2.6. Kurva Gangguan Kedip Tegangan.....	14
Gambar 2.7. Daerah Kerja Proteksi Utama.....	14
Gambar 2.8. Proteksi Cadangan.....	14
Gambar 2.9. Hubung Singkat Menyebabkan Kedip Tegangan.....	17
Gambar 2.10 Contoh Grafik Prosentase Penurunan Tegangan Akibat Hubung singkat.....	17
Gambar 2.11. Kondisi Peralihan dari <i>Double</i> Menjadi <i>Sigle Circuit</i> Menyebabkan <i>Voltage Dips</i> .....	18
Gambar 2.12. Topologi <i>AC Motor Drive</i> .....	24
Gambar 2.13. Topologi <i>DC Motor Drive</i> .....	25
Gambar 2.14. Komponen Simetris dari Tiga Fasa Tak Seimbang ...	29
Gambar 2.15. Representasi Jala-jala Urutan Positif Untuk menirukan Gangguan Tiga Fasa.....	30
Gambar 2.16. Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah .....	31
Gambar 2.17. <i>Flow Chart</i> Metode <i>Newton-Raphson</i> .....	38
Gambar 3.1. Peta Lokasi PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo.....	40
Gambar 3.2 Struktur Organisasi PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo	41

Gambar 3.3.	<i>Single Line Diagram</i> SUTT 150 kv dari Paiton-GI Paiton.....	50
Gambar 4.1.	<i>Flowchat</i> Analisa Teknis dan Tampak Terjadinya <i>Voltage Dips</i> .....	54
Gambar 4.2.	<i>Single Line Diagram</i> SUTT Sekitar PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo .....	57
Gambar 4.3.	Gangguan Hubung Singkat Terjadi pada Saluran Lumajang-Jember.....	59
Gambar 4.4.	Gangguan Hubung Singkat Terjadi pada Saluran Situbondo-Banyuwangi .....	62
Gambar 4.5.	Gangguan Hubung Singkat Terjadi pada Saluran Jember-Genteng .....	65
Gambar 4.6.	Gangguan Hubung Singkat Terjadi pada Saluran Jember-Bondowoso .....	67
Gambar 4.7.	Gangguan Hubung Singkat Terjadi pada Saluran Kraksaan-Probolinggo.....	69
Gambar 4.8.	Gangguan Hubung Singkat Terjadi pada Saluran Jember-Banyuwangi.....	71
Gambar 4.9.	Gangguan Hubung Singkat Terjadi pada Saluran Paiton-Situbondo.....	72
Gambar 4.10.	Gangguan Hubung Singkat Terjadi pada Saluran Probolinggo-Lumajang.....	74
Gambar 4.11.	Gangguan Hubung Singkat Terjadi pada Saluran Tanggul-Lumajang .....	75
Gambar 4.12.	Gangguan Hubung Singkat Terjadi pada Saluran Situbondo-Bondowoso .....	76
Gambar 4.13.	Pemasangan <i>Power Conditioner</i> .....	84



## DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel 2.1.	<i>Clearing Time</i> Proteksi Utama dan Cadangan .....	15
Tabel 3.1.	Data Gangguan Harian PLN yang dirasakan PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo .....	43
Tabel 3.2.	Spesifikasi Peralatan <i>Centravac Merk Trame</i> .....	45
Tabel 3.3.	<i>Machine Configurasi Group</i> .....	45
Tabel 3.4.	<i>General Effect of Voltage Variation on Standard Efficient Induction Motor Characteristics</i> .....	46
Tabel 3.5.	Kedip di Sistem Jawa-Bali .....	47
Tabel 3.6.	Impendasi Saluran SUTT 150 kv PLTU-GI Paiton ....	49
Tabel 3.7.	Impendasi Ekuivalen Saluran Ganda .....	49
Tabel 3.8.	Data Gangguan Mingguan PT. PLN (Persero) P <sub>3</sub> B UBS Waru Area IV Jawa Bali Januari 2003 Sampai Februari 2004 .....	51
Tabel 3.9.	Data Indikasi Gangguan Mingguan PT. PLN (Persero) P <sub>3</sub> B UBS Waru Area IV Jawa Bali Januari 2003 Sampai Februari 2004 .....	52
Tabel 4.1.	Pengelompokan Kasus Gangguan Berdasarkan Lokasi Gangguannya.....	58
Tabel 4.2.	Hasil Simulasi Hubung Singkat 3 $\Phi$ -G Pada Bus Lumajang .....	60
Tabel 4.3.	Hasil Simulasi Hubung Singkat 3 $\Phi$ -G Pada Bus Jember .....	61
Tabel 4.4.	Hasil Simulasi Hubung Singkat 3 $\Phi$ -G Pada Bus Situbondo .....	63

Tabel 4.5.	Hasil Simulasi Hubung Singkat 3 $\Phi$ -G Pada Bus Banyuwangi .....	64
Tabel 4.6.	Hasil Simulasi Hubung Singkat 3 $\Phi$ -G Pada Bus Genteng .....	66
Tabel 4.7.	Hasil Simulasi Hubung Singkat 3 $\Phi$ -G Pada Bus Bondowoso.....	68
Tabel 4.8.	Hasil Simulasi Hubung Singkat 3 $\Phi$ -G Pada Bus Kraksaan.....	69
Tabel 4.9.	Hasil Simulasi Hubung Singkat 3 $\Phi$ -G Pada Bus Probolinggo .....	70
Tabel 4.10.	Hasil Simulasi Hubung Singkat 3 $\Phi$ -G Pada Bus Paiton .....	73
Tabel 4.11.	Hasil Simulasi Hubung Singkat 3 $\Phi$ -G Pada Bus Tanggul .....	75
Tabel 4.12.	Ringkasan Hasil Analisa Gangguan.....	77
Tabel 5.1.	Nilai Tegangan <i>Sags/Dips</i> Pada Bus Gending Setelah Gangguan.....	86

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Kualitas tenaga listrik sangat berpengaruh pada proses produksi suatu industri, khususnya yang cenderung sensitif terhadap gejala peralihan pada sistem tenaga listrik yang ada, sebagai akibat dari bermacam-macam gangguan yang terjadi.

*Voltage Dips* merupakan permasalahan serius pada sistem tenaga listrik yang terjadi akhir-akhir ini, khususnya pada proses operasional industri yang berskala besar. Hal ini seringkali menjadi permasalahan tersendiri bagi kedua belah pihak yang terlibat dalam proses transaksi pengadaan tenaga listrik, yaitu PT. PLN (Persero) sebagai pemasok, dengan masyarakat/industri sebagai konsumen. Pihak konsumen, dalam hal ini industri berskala besar, seringkali merasa dirugikan akibat kualitas tenaga listrik yang tidak memenuhi persyaratan untuk menjalankan mesin-mesin produksi yang ada.

Kasus yang seringkali terjadi pada industri berskala besar, khususnya pada industri yang menggunakan mesin-mesin produksi yang sangat sensitif terhadap penurunan tegangan adalah tidak beroperasinya mesin-mesin produksi tersebut secara normal, sehingga akan menghasilkan produk industri yang cacat (tidak sesuai dengan yang diharapkan), akibatnya banyak perusahaan skala besar yang mengalami kerugian sebagai dampak terjadinya fenomena *Voltage Dips* ini.

Terjadinya kedip tegangan di PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo mengakibatkan beberapa tahap dalam proses produksi mengalami gangguan,

dalam hal ini proses *fermentasi*, dan *kristalisasi* yang menggunakan CENTAC (*Centrifugal Air Compressor*) bermerek *ingresoll-Rand* dengan *micro controller*, dan mesin pendingin CENTAC (*Centrifugal Air Compressor*) dengan merk *Trane*, yang sangat sensitif terhadap penurunan level tegangan, akibatnya proses yang melibatkan *mikroba* dalam reaksi antara *glukosa cair*, *Amoniak*, dan udara, mengalami gangguan sehingga larutan yang terbentuk penyedap rasa, dan harus dibuang maka dampak kerugian yang ditimbulkan oleh fenomena kedip tegangan ini sangat besar.

Penyebab terjadinya *Voltage Dips* adalah terjadinya gangguan ditempat lain ataupun perubahan beban secara tiba-tiba pada peralatan yang masih terhubung dengan suplai energi, dimana karakteristik *Voltage Dips* ditentukan dalam per-unit nilai rms tegangan (0,1 sampai dengan 0,9 p.u), sedangkan durasinya adalah 0,5 cycle (10 rms) sampai skitar 1 detik, yang merupakan interval waktu saat tegangan mengalami penurunan sampai dengan normal kembali. Hasil studi yang telah banyak dilakukan tentang *Voltage Dips* menunjukkan bahwa gejala tersebut dapat disebabkan oleh bermacam faktor antara lain :

- a. Gangguan hubung singkat, baik yang terjadi di instalasi itu sendiri atau pun yang terjadi di penyulang lain.
- b. Surja hubung akibat pengoperasian pemutus tenaga (*switching operation*) di saluran tegangan tinggi atau sistem distribusi.
- c. Perubahan beban yang cukup besar secara tiba-tiba.
- d. Karakteristik pembebanan konsumen, seperti: *starting motor* berkapasitas besar, mesin las, mesin potong logam berkapasitas besar.

Pada umumnya, jika masalah *Voltage Dips* berasal dari sisi pemasok, maka upaya untuk mengatasi permasalahan yang ada adalah dengan jalan mengelompokkan beban-beban yang kritis dan mengupayakan perbaikan *circuit* di sisi pemasok agar nantinya daya yang disalurkan ke konsumen sesuai dengan yang dikehendaki, yakni yang berkualitas baik. Di sisi lain, upaya perbaikan perlu dilakukan pada pihak konsumen, misalnya dengan menggunakan *power conditioning*, seperti UPS (*Uninterruptible Power Supply*), *Dynamis Voltage Restore* (DVR) atau peralatan pemulih performa tegangan sistem lainnya.

Dengan pertimbangan begitu besarnya kerugian yang ditimbulkan oleh fenomena *Voltage Dips* ini, maka dipandang perlu untuk melakukan studi penelaahan mengenai penyebab terjadinya *Voltage Dips* sekaligus memperhitungkan dampak kerugiannya secara finansial, serta berusaha mencari pemecahan masalah yang dihadapi oleh perusahaan dalam proses operasionalisasi industrinya.

## **1.2 Permasalahan**

Proses kontrol dalam industri, khususnya yang berskala besar seringkali sangat sensitif terhadap gejala penurunan level tegangan pada suatu sistem tenaga listrik, walaupun hal ini berlangsung dalam waktu yang relatif singkat, biasanya dapat menyebabkan terjadinya fenomena kedip tegangan (*voltage dips*). Dari fenomena yang ada tersebut, timbul permasalahan yang perlu dilakukan pengkajian lebih jauh dalam Skripsi kali ini, antara lain :

1. Seberapa besar pengaruh gangguan PLN sebagai eksternal timbulnya fenomena *voltage sags (dips)* di PT. Sasa Inti Gending- Probolinggo ?
2. Faktor internal apa sajakah yang dapat menyebabkan terjadinya fenomena *voltage sags (dips)* di PT. Sasa Inti Gending- Probolinggo?
3. Dampak teknis apa sajakah yang terjadi akibat fenomena *voltage sags (dips)* tersebut, sehingga timbul kerugian ekonomis pada perusahaan ?
4. Bagaimana solusi yang tepat dalam mengatasi timbulnya fenomena *voltage sags (dips)* di PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo ?

### 1.3. Tujuan

Dari uraian latar belakang dan permasalahan pada skripsi ini, maka tujuan skripsi ini adalah :

1. Melakukan studi kasus tentang fenomena kedip tegangan (*voltage dips*)
2. Menganalisis penyebab terjadinya fenomena kedip tegangan (*voltage sags*) yang di tinjau dari gangguan pada *feeder* PLN yang terletak di tempat lain
3. Menganalisa dampak terjadinya *voltage sags (dips)* terhadap operasionalisasi industri di PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo
4. Dari hasil skripsi diharapkan dapat memberikan solusi yang paling sesuai dengan kondisi di lapangan sehingga dapat meminimalkan semua dampak negatif yang timbul.

#### 1.4. Batasan Masalah

1. Studi penentuan penyebab terjadinya fenomena kedip tegangan (*voltage dips*) pada daerah industri PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo, dengan memperhatikan record gangguan yang tercatat di PT. PLN (Persero) P<sub>3</sub>B UBS waru Area IV Jawa – Bali, guna mengidentifikasi jenis gangguan penyebab *voltage dips* hingga proses operasionalisasi industri pada PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo terganggu.
2. Studi kasus ini tidak membahas mengenai mekanisme kerja peralatan yang di gunakan untuk mengatasi dampak *voltage dips*
3. Penelitian ini juga tidak dimaksudkan untuk membahas solusi terhadap jenis gangguan lainnya yang turut mempengaruhi parameter kualitas daya listrik yang di salurkan ke konsumen/pelanggan, dalam hal ini PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo.
4. Tidak membahas kerugian secara ekonomis pada PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo sebagai dampak terjadinya *voltage sags*.

#### 1.5. Metodologi

Skripsi ini dengan judul: “**STUDI TENTANG FENOMENA *VOLTAGE SAGS (DIPS)* DAN DAMPAKNYA TERHADAP OPERASIONAL INDUSTRI DI PT. SASA INTI GENDING-PROBOLINGGO**” ini dilakukan di lokasi Pabrik penyedap rasa PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo yang berada di Jalan Raya Gending-Probolinggo Jawa Timur. Penelitian ini dilakukan dengan

studi dalam arti, bahwa hasil penelitian hanya dapat diterapkan pada obyek penelitian yaitu PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo.

Metode pengerjaan Skripsi ini adalah dengan pengambilan data. Sumber data yang digunakan adalah data primer dan sekunder, yakni :

- a. Data gangguan mingguan PT. PLN (Persero) P<sub>3</sub>B UBS Waru Area IV Jawa Bali yang terjadi selama Januari 2003 sampai dengan Februari 2004 pada bus disekitar PLTU – GI Paiton ke arah PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo, khususnya pada jaringan SUTT 150 kV.
- b. Data single line diagram SUTT 150 kV dari PLTU-GI Paiton sebagai pemasok daya listrik PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo.
- c. Data gangguan kedip tegangan yang di rasakan oleh PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo mulai bulan Oktober 2003 sampai dengan bulan Januari 2004.

Teknik pengambilan data yang dilakukan adalah :

- a. Wawancara, digunakan untuk mendapatkan data berupa gambaran perusahaan, dan sebagainya.
- b. Dokumenter, dalam hal ini berupa arsip-arsip mengenai data-data yang akan dianalisis.

Teknik analisis data yang dilakukan adalah :

Analisa hubung singkat dari data gangguan PLN dengan menggunakan batuan *software ETAP PowerStation* guna mengetahui seberapa besar pengaruh gangguan hubung singkat PLN di bus lain terhadap timbulnya fenomena kedip tegangan di PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo.



## 1.6. Sistematika

Pembahasan secara garis besar dibagi dalam 5 bab, yakni :

### 1. BAB I

Pada bab ini akan diuraikan mengenai latar belakang penelitian, permasalahan berkaitan dengan kedip tegangan (*voltage sags*) yang terjadi di PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo, batasan permasalahan, tujuan, metodologi pembahasan, sistematika pembahasan.

### 2. BAB II

Bab ini berisikan teori dasar mengenai fenomena kedip tegangan (*voltage sags*), dan teori lainnya yang menunjang pembahasan.

### 3. BAB III

Pada bab ini akan memuat data gangguan yang terjadi di PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo, berdasarkan *record* di miliki oleh PLN (Persero) P<sub>3</sub>B UBS Waru Area IV Jawa Bali, sekilas tentang dampak kerugian yang timbul akibat terjadinya kedip tegangan, serta kondisi lapangan PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo, meliputi jenis peralatan industri yang digunakan, kondisi jaringan dari suplai PLN sampai dengan terminal-terminal menuju peralatan industri.

### 4. BAB IV

Pada bab ini berisi analisa data gangguan penyebab kedip tegangan ditinjau dari sistem saluran mulai dari unit pembangkit terdekat, saluran bus sekitar lokasi penelitian (PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo), dengan tujuan untuk mengetahui seberapa besar

pengaruh gangguan yang terjadi pada bus PLN di tempat lain terhadap operasionalisasi industri di PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo. Analisa kondisi internal teknis PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo dengan tujuan untuk mencari penyebab yang dapat menimbulkan kerugian operasional. Dan penentuan solusi dalam mengatasi fenomena kedip tegangan yang terjadi di PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo, baik oleh PT. PLN (Persero) selaku pemasok daya listrik, maupun oleh PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo, sebagai perusahaan yang mengalami fenomena kedip tegangan.

## 5. BAB V

Bab ini merupakan penutup dan berisi kesimpulan serta saran terkait dengan pembahasan permasalahan yang terjadi

## BAB II

### FENOMENA *VOLTAGE SAGS (DIPS)* PADA SISTEM TENAGA LISTRIK

#### 2.1. Power Quality

Secara global parameter kualitas daya listrik yang diharapkan konsumen antara lain :

- a. Terjadinya kontinuitas daya listrik yang disalurkan kepihak konsumen.
- b. Adanya regulasi tegangan yang ketat.
- c. Harmonisa tegangan serendah mungkin.
- d. Jika terpaksa terjadi fluktuasi tegangan, tidak boleh berdampak negatif terhadap peralatan listrik yang ada.

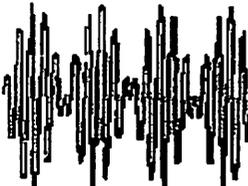
Selanjutnya, kualitas daya yang akan dibahas di sini menyangkut parameter listrik dalam keadaan tunak (*steady state*) ataupun dalam keadaan peralihan (*transient state*). Adapun yang termasuk parameter listrik dalam keadaan *steady state* adalah :

1. variasi tegangan
2. Variasi frekuensi
3. Ketidak-seimbangan tegangan (*Unbalances*)
4. Harmonisa (*Harmonics*)

Dalam sistem penyediaan tenaga listrik secara umum, *power quality* dapat dikelompokkan menjadi dua bagian, pertama yang disebabkan oleh beban, sehingga dibatasi oleh PLN. Sedangkan yang kedua adalah yang dijamin oleh PLN *Voltage Dips*, frekuensi, dan level tegangan.

Selain memberikan batasan, PLN juga memberikan jaminan mengenai *power quality* ke konsumen yaitu frekuensi dengan batasan 50,5 Hz – 49,5 Hz, sedangkan tegangan dengan batasan +5% sampai dengan –10% dari tegangan kerja.

### Voltage Fluctuation :

<p>Voltage Fluctuation (flicker):</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• The impact of the voltage fluctuation on lamps such that they are perceived to flicker by human eye. This is due to loads which exhibit continuous, rapid reactive component.</li> </ul>
<p>Causes:</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arc furnaces</li> <li>• Intermittent loads</li> </ul>
<p>Impact</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lighting flicker</li> <li>• Misoperation of sensitive loads</li> </ul>

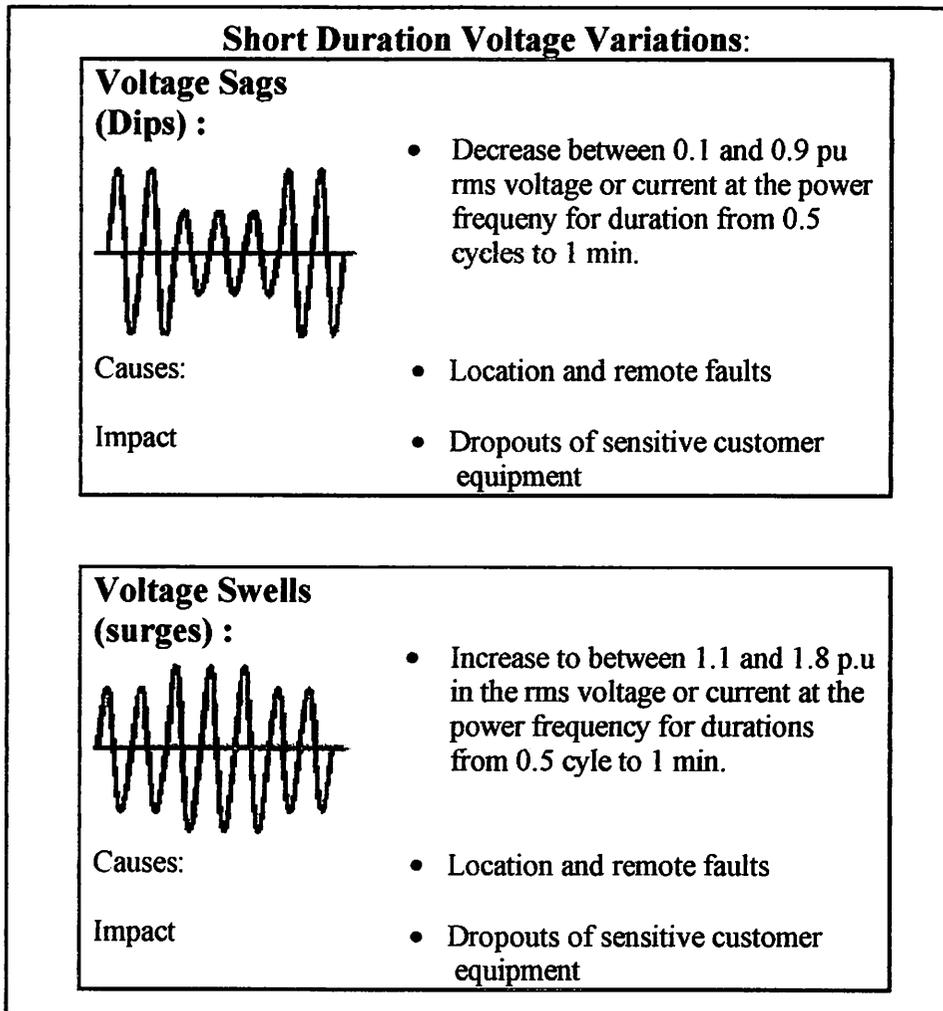
**Gambar 2.1.**  
**Variasi Tegangan (Flicker)**

<p><b>Frequency Variation:</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• The deviation of the power system fundamental frequency from its specified nominal value (e.g., 50 or 60 Hz)</li> </ul>
<p>Causes :</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poor speed regulations of local generation</li> <li>• Faults on the bulk power system</li> <li>• Large block of load being disconnected</li> </ul>
<p>Impact:</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipment failure</li> </ul>

**Gambar 2.2.**  
**Variasi Frekuensi**

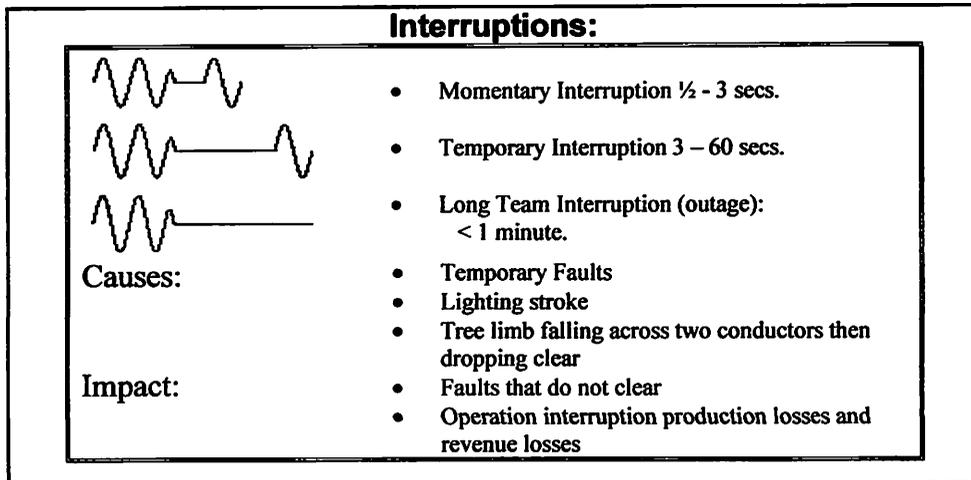
Parameter listrik dalam keadaan peralihan (*transient state*), diukur berdasarkan lamanya gangguan yang terjadi (*Duration of Disturbance*), yakni :

1. Tegangan lebih peralihan yang tajam dan bergetar tegangan paku (*spike*) positif atau negatif 0,5 – 200  $\mu$ s dan bergetar sampai sekitar ms dengan frekuensi 0,2 – 5 kHz atau lebih.



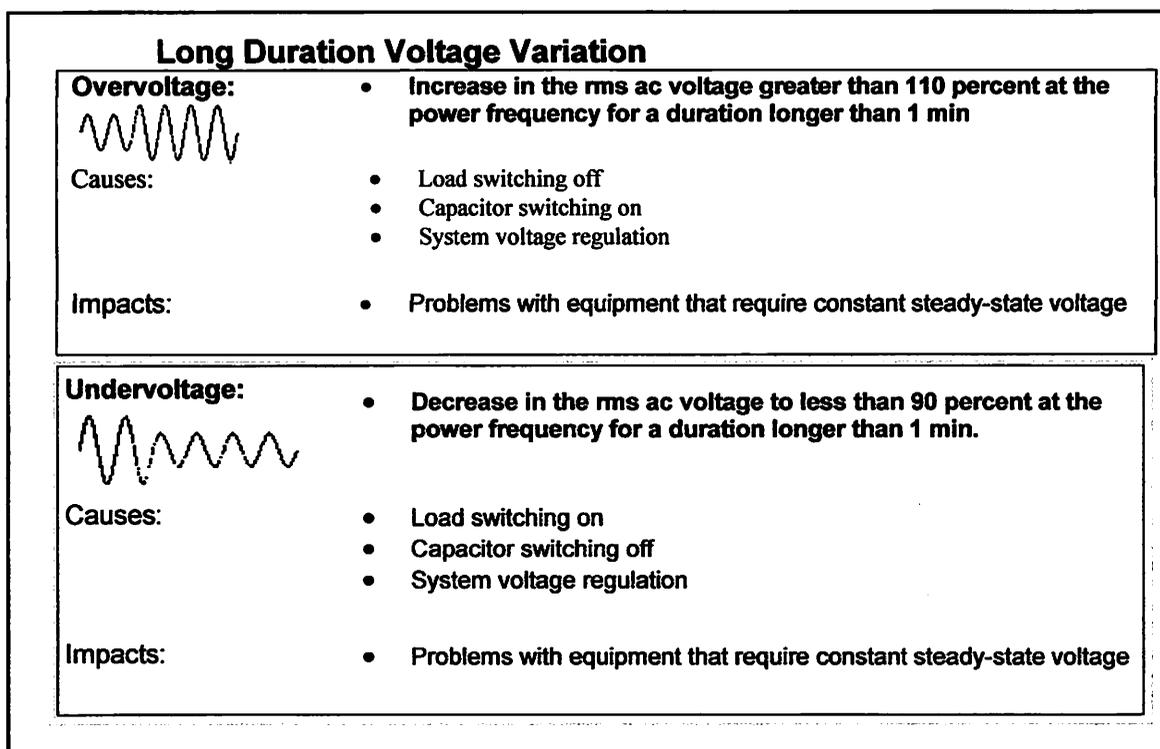
**Gambar 2.3.**  
**Short Duration Voltage Variations.**

2. Drop tegangan di bawah 80% dari tegangan nominal dalam waktu yang lebih lama, sekitar 2 detik. Gangguan yang termasuk di dalamnya antara lain, *Outage, Blackout, Interruption*.



**Gambar: 2.4.**  
**Interruptions**

3. Tegangan lebih (*over voltage*) di atas 110% nominal dan drop tegangan (*under voltage*) di bawah 90%, berlangsung dengan durasi 10 ms (0,5 *cycle*) sampai dengan 1 detik. Gangguan yang termasuk di dalamnya adalah *Voltage Sags (dips)*, *Voltage Fluctuation*, *Fliker*, dll.



**Gambar 2.5.**  
**Long Duration Voltage Variation**

## 2.2. Permasalahan Umum

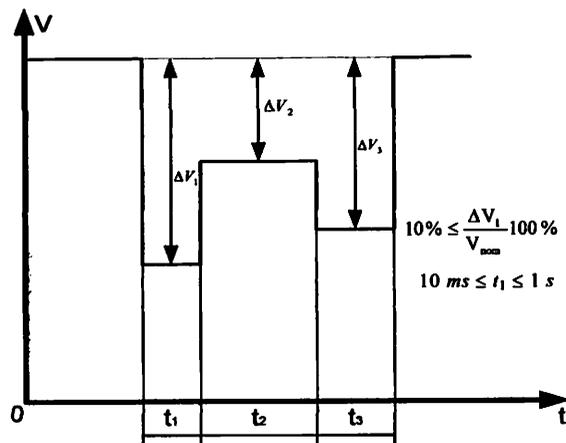
Lonjakan arus seringkali terjadi pada jaringan listrik akibat proses pemasukan/pelepasan beban yang besar maupun timbulnya denyut tegangan (kedip tegangan) yang karakteristiknya tergantung dari amplitudo lonjakan arus dan jarak dari tempat terjadinya penyebab gangguan.

Pengertian gangguan itu sendiri adalah fenomena terganggunya karakteristik (performa) tegangan, yang meliputi; amplitudo, frekuensi, bentuk gelombang, keseimbangan tiga *phasa* dan pergeseran sudut *phasa* yang disebabkan oleh faktor alam (petir, bencana, alam dll) dan faktor lainnya.

Gangguan kedip tegangan (*voltage dips*) didefinisikan sebagai fenomena penurunan amplitudo tegangan ( $\Delta V$ ) terhadap harga nominalnya selama interval waktu  $t$  (0.5 – 50 cycle), sebagai akibat bekerjanya peralatan pengaman karena adanya penyebab gangguan yang terjadi pada jaringan transmisi, distribusi, maupun pada instalasi konsumen/industri.

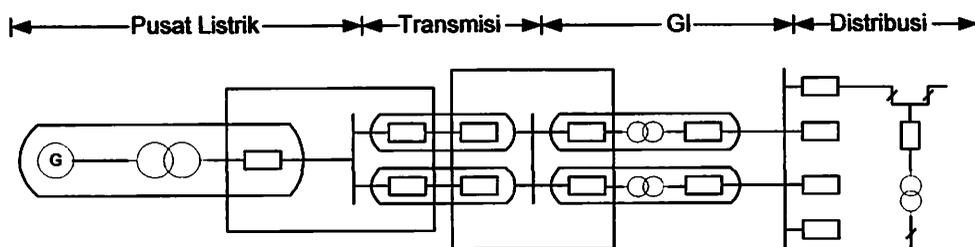
Lamanya kedip tegangan (*voltage dips*) disisi pasokan dikaitkan dengan bekerjanya proteksi utama jaringan, dan proteksi cadangan di jelaskan lebih lanjut pada **tabel 2.1**, tentang *Clearing Time* proteksi utama dan cadangan.

Pada gambar 2.6 berikut ini di jelaskan bahwa gangguan kedip tegangan adalah terjadinya perbedaan antara nilai efektif tegangan ( $V_{eff}$ ) dengan nilai nominal, selama selang waktu yang relatif singkat. Perbedaan nominal, dan lamanya (durasi) berkisar antara 10 ms sampai 1 detik. Gangguan ini akan hilang atau berkurang setelah bekerjanya pemutus tegangan (*Circuit Breaker*).



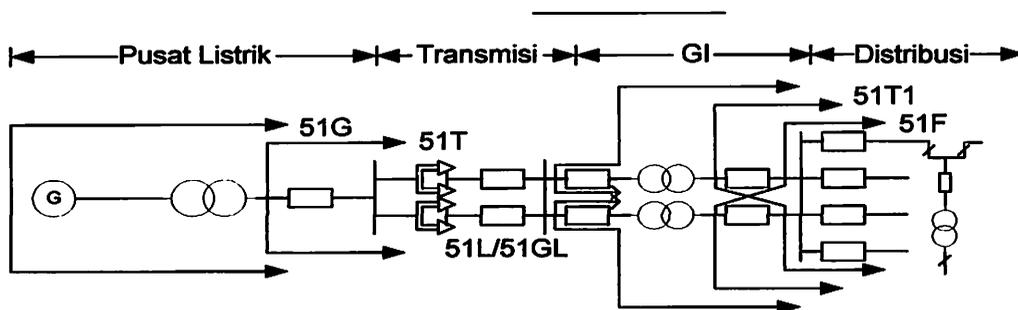
**Gambar 2.6.**  
**Kurva Gangguan Kedip Tegangan**

Proteksi jaringan tenaga listrik dengan relai proteksi dilakukan dengan cara membagi-bagi jaringan dalam beberapa daerah proteksi sehingga jaringan tersebut dapat dinamakan dengan pemutusan yang seminimal mungkin.



**Gambar 2.7.**  
**Daerah Kerja Proteksi Utama**

Pemutusan gangguan oleh proteksi cadangan, walaupun dimungkinkan, namun sebaliknya dihindari dengan cara memperbaiki kinerja utamanya.



**Gambar 2.8.**  
**Daerah Kerja Proteksi Cadangan**



**Tabel 2.1**  
**Clearing Time Proteksi Utama dan Cadangan**

Bagian Jaringan	Proktesi Utama		Proteksi Cadangan	
	Jenis	<i>Fault clearing time</i>	Jenis	<i>Fault clearing time</i>
SUTET	2 buah distance + teleproteksi	90 ms	2 buah distance	90 ms
SUTT 150 kV	Distance + teleproteksi	120 ms	OCR/GFR	1500 ms pada gangguan di remote bus
SUTT 70 kV	Distance	150 ms	OCR/GFR	1500 ms pada gangguan di remote bus
Trafo Distribusi 150/20 kV 70/20 kV	<i>Gangguan internal</i> Diff. Ref 150 kV Diff. Ref 70 kV <i>Gangguan eksternal</i> OCR/GFR/SBEF	120 ms 150 ms 1000 ms pada gangguan di bus 20 kV	<i>Gangguan internal</i> OCR 150 kV OCR 70 Kv <i>Gangguan eksternal</i> OCR primer	1000 ms 1000 ms 1000 ms
Feeder/ penyulang	OCR/GFR	500 ms pada gangguan dekat bus	OCR/GFR sekunder trafo	1000 ms pada gangguan di bus 20 kv
Busbaer	Buspro 500 kv Buspro 150 kv Buspro 70 kv	90 ms 120 ms 150 ms	Remote back up	500 ms

Melihat lamanya *fault clearing* jaringan tegangan menengah (20 kV), maka sebaiknya yang berskala besar, khususnya yang menggunakan peralatan yang peka terhadap kedip tegangan tidak menyambung ke tegangan rendah, karena waktu pemutusan gangguan di sisi tegangan menengah lebih lama, selain itu untuk sistem 150 kV, jelas memiliki keandalan yang lebih tinggi dari pada 20 kV.

Hal yang perlu dicatat adalah bahwa pada sistem Jawa Bali dioperasikan *auto recloser* dengan maksud agar pelepasan penghantar akibat gangguan temporer dapat dikurangi. Namun di sisi lain akan menimbulkan dua kali kedip

tegangan, jika gangguan itu bersifat permanen, yakni kedip pertama saat awal gangguan terjadi, dan kedip yang kedua saat *recloser* menutup.

Durasi kedip tegangan yang terjadi tergantung dari kecepatan pemutusan gangguan (*fault clearing*), yang terjadi tergantung dari kecepatan kerja (*operating time*) relai, dan kecepatan membuka pemutus tenaga (*circuit breaker*), serta waktu pengiriman sinyal teleproteksi.

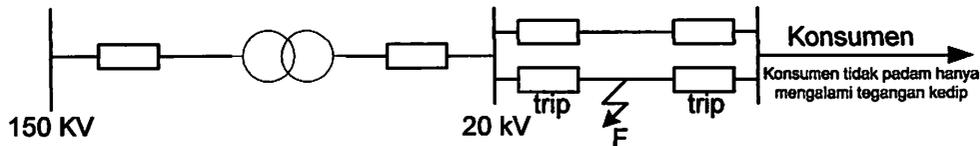
### **2.3. Penyebab *Voltage Dips***

Dari hasil studi yang telah banyak dilakukan oleh para pakar listrik, menunjukkan bahwa *voltage sags (dips)* dapat disebabkan oleh berbagai kejadian di sistem tenaga, antara lain :

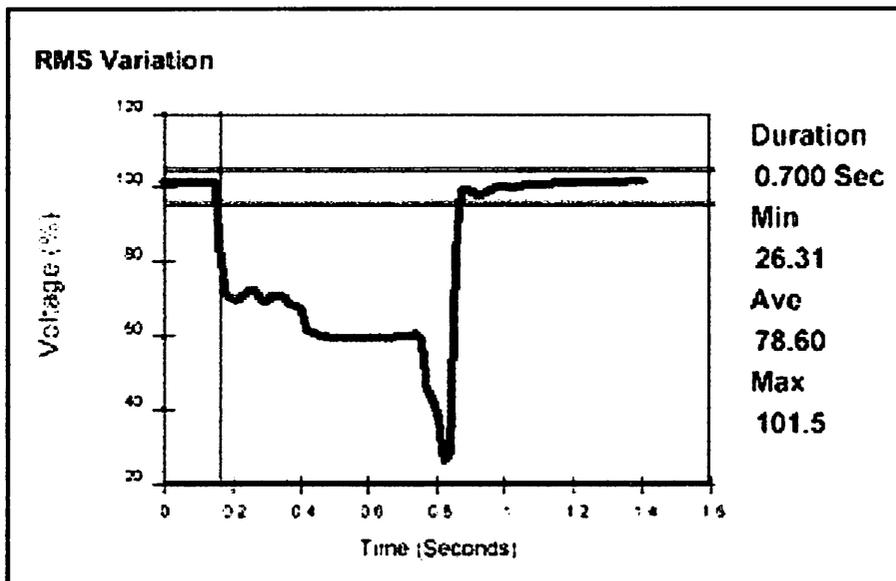
- a. Gangguan hubung singkat, baik yang terjadi di instalasi itu sendiri ataupun yang terjadi di penyulang lain.
- b. Surja alih-hubung akibat pengoperasian pemutus tenaga di saluran tegangan tinggi atau sistem distribusi.
- c. Perubahan beban yang cukup besar secara tiba-tiba.
- d. Karakteristik pembebanan konsumen, seperti: *starting* motor berkapasitas besar, mesin potong logam berkapasitas besar.

Saat terjadi hubung singkat pada saluran instalasi, maka saluran yang terganggu harus dipadamkan, karena harus dipisahkan dari sistem yang sehat oleh relai proteksi. Untuk menjaga kontinuitas pada pelayanan pada konsumen, maka PT. PLN (Persero) membuat saluran ganda (*double circuit*), sehingga bila terjadi gangguan pada salah satu saluran, maka saluran yang terganggu saja yang akan

padam (putus), sedangkan saluran yang sehat akan tetap beroperasi. Pada kondisi ini, sistem yang sehat tidak akan mengalami pemadaman, hanya saja masih mengalami kedip tegangan selama selang waktu kerja relai proteksi dalam memisahkan bagian yang mengalami gangguan hubung singkat.



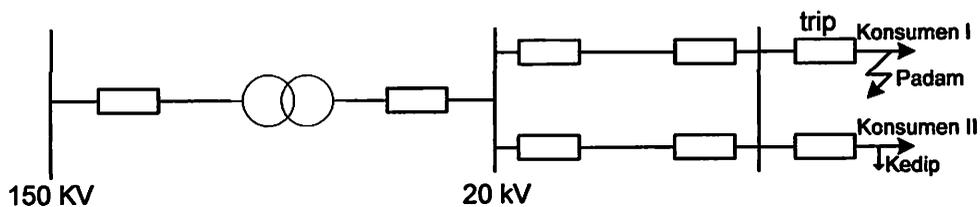
**Gambar 2.9.**  
**Gambar Hubung Singkat Menyebabkan Kedip Tegangan**



**Gambar 2.10.**  
**Contoh Grafik Prosentase Penurunan Tegangan Akibat Hubung Singkat**

Untuk gangguan yang terjadi pada *circuit* yang berbeda dalam satu bus, yang telah dipisahkan melalui *circuit breaker* dengan menggunakan kontrol relai yang dilengkapi *Directional Relay* sehingga ketika terjadi gangguan pada salah satu *circuit*, maka *circuit* lainnya tidak akan putus (padam), hanya saja pada saat peralihan dari *double circuit* menjadi *single circuit* akan terasa dampaknya berupa

kedip tegangan pada saluran yang tidak padam (terganggu) tersebut. Hal itu dapat dilihat pada gambar berikut ini :



**Gambar 2.11.**

**Kondisi peralihan dari Double Circuit Menjadi Single Circuit Menyebabkan Voltage Dips**

Pada kasus motor *starting* motor induksi, *voltage dips* terjadi karena arus *starting* motor induksi dapat mencapai 5-7 kali arus nominal motor. Sebagai contoh, motor dengan kapasitas daya 1 HP, membutuhkan kira-kira 1 kVA pada operasi normal. Jika arus *starting* yang terjadi sekitar 5-7 kali arus nominal, maka kVA yang dibutuhkan saat *starting* adalah antara 5 kVA sampai dengan 7 kVA. Seandainya kapasitas motor 5% dari kapasitas trafo pada penyulang, maka kVA yang diserap oleh motor ketika start akan mencapai 25% sampai 35% dari rating trafo. Drop tegangan sebesar ini sudah berpengaruh pada nyala lampu, sehingga seringkali kedip tegangan yang secara visual dapat disaksikan dari kedipan nyala lampu tadi akan sangat mengganggu pandangan mata.

#### 2.4. Estimasi Karakteristik Gangguan

Secara kualitatif, kedip tegangan (*voltage dips*) tidak dapat diramalkan kapan terjadinya, sehingga kita tidak dapat menghindarinya, hanya saja kita masih dapat mengantisipasi terjadinya *voltage sags (dips)* ini.

Secara kuantitatif, karakteristik gangguan ditentukan oleh beberapa parameter, antara lain variasi amplitudo tegangan dan durasi kejadiannya, pergeseran fasa, dan ketidakseimbangan tegangan, dan perubahan bentuk gelombang.

#### **2.4.1. Variasi Amplitudo Tegangan dan Durasi**

Dalam pembahasan tentang penyebab terjadinya fenomena kedip tegangan (*voltage dips*), telah disinggung bahwa salah satu penyebab adalah reaksi *transient* sistem terhadap manuver jaringan/beban, maupun sebagai akibat bekerjanya peralatan pengaman (*auto recloser*) karena ada indikasi terjadi gangguan oleh petir, pohon dan lain-lain, yang terjadi di saluran transmisi maupun distribusi.

Secara garis besar, dapat di peroleh hal mendasar yang bisa dijadikan catatan :

- a. Dengan mengabaikan selang waktunya, maka 60% - 70% gangguan kedip tegangan (*voltage dips*) yang terjadi besarnya (amplitudonya) tidak melebihi 25% dari tegangan nominal
- b. Dengan mengabaikan besar (amplitudonya), maka 70% - 80% dari gangguan kedip gangguan (*voltage dips*), yang terjadi pada SUTM/SKTM, berlangsung dalam selang waktu lebih dari 320 ms.
- c. Sekitar 60% dari kedip tegangan (*voltage dips*), besarnya tidak lebih dari 25% dan lamanya kurang dari 320 ms.

### 2.4.2. Pergeseran Fasa

Penyebab utama terjadinya pergeseran fasa pada saat sebelum dan selama terjadinya kedip tegangan (*voltage dips*), antara lain adalah akibat perbedaan rasio  $X/R$  dari sumber dan saluran yang mengalami gangguan dan propagasi gangguan kedip tegangan yang disebabkan oleh hubung singkat satu fasa ke tanah. Pergeseran fasa ini akan sangat berpengaruh terhadap kerja peralatan industri yang menggunakan komponen elektronika daya.

### 2.4.3. Ketidakseimbangan Tegangan Sistem

Selain berpengaruh terhadap amplitudo tegangan dan durasi, serta pergeseran fasa, maka *voltage dips*, juga memengaruhi faktor ketidakseimbangan tegangan dan akan terjadi perubahan bentuk gelombang.

*Voltage dips* yang paling sering terjadi adalah yang diakibatkan oleh terjadinya gangguan satu fasa ke tanah, dimana tegangan salah satu fasanya nol, akibatnya akan terjadi ketidakseimbangan tegangan sistem, sedangkan gangguan dua atau tiga fasa relatif jarang terjadi. Pengaruhnya terhadap tegangan di bus konsumen tergantung pada jarak dan *level* tegangan serta lamanya tergantung dari *setting relay*, jenis gangguan pengaman yang digunakan.

## **2.5. Karakteristik Peralatan Industri**

Konsumsi energi pada kontaktor, peralatan kontrol/pengaturan dan PLC, umumnya relatif kecil, sehingga sangat sensitif terhadap pengaruh terjadinya tegangan (*voltage dips*), sedangkan bagi motor sinkron dan asinkron yang menyerap daya relatif besar, tidak begitu terpengaruh oleh adanya fenomena *voltage dips* ini.

Secara umum, instalasi yang ada pada industri skala besar antara lain :

### **2.5.1. Motor Listrik (Mesin Sinkron, Asinkron)**

Gangguan kedip tegangan yang terjadi langsung pada terminal motor, dapat menyebabkan terhentinya operasi motor tersebut. Pemutusan tegangan suplai motor sinkron ataupun motor induksi, melalui pembukaan kontaktor selama selang waktu yang singkat tidak langsung membuat tegangan terminal motor tersebut jadi nol. Amplitudo dan fasa dari tegangan sisa pada motor tersebut bervariasi selama selang waktu pemutusan.

Bila kemudian kontraktor dimasukkan kembali, saat tegangan suplai telah normal kembali, akan terjadi arus lebih, dimana karakteristik tergantung pada beda fasa dan beda amplitudo antara tegangan jaringan dengan tegangan sisa pada terminal motor.

#### **a. Motor Sinkron**

Sudut antara sumber medan putar stator dan rotor beban :

1. Pada tegangan konstan, terjadi kenaikan torsi beban.

2. Pada torsi beban konstan, terjadi penurunan dari tegangan suplai ke motor.
3. Sudut terjadi amplitudo tegangan, maka sudut elektrik akan melebihi  $90^\circ$ , dan mengakibatkan motor kehilangan sinkronisasi.

b. Motor Asinkron

Faktor utama penyebab gangguan adalah faktor keseimbangan torsi. Bila terjadi *voltage dips* maka torsi motor akan turun sehingga akan terjadi perlambatan motor, dan beban. Saat kondisi normal kembali, torsi motor akan berubah secara tiba-tiba, akibatnya motor tidak dapat melakukan akselerasi untuk mencapai kecepatan nominalnya kembali.

Di sisi lain, jaringan distribusi/transmisi dan motor dipisahkan oleh impedansi (saluran dan trafo), sehingga pada saat tegangan suplai kembali normal, arus lebih yang terjadi pada motor dapat menyebabkan drop tegangan pada impedansi tersebut, sehingga motor tidak mungkin kembali pada kecepatan nominal, karena nilai torsi motor menjadi lebih kecil daripada nilainya yang sesuai dengan *name plate*-nya

### 2.5.2. Kontaktor

Kontaktor, umumnya dapat mentolerir *voltage dips* sampai 50% tegangan pada *name plate*, selama beberapa *cycle*, bila lebih dari *setting*



yang ditetapkan, maka sirkuit kontrol akan memerintahkan kontaktor untuk trip.

### 2.5.3. Peralatan Kontrol dan Pengaturan, Driver Kecepatan

Motor listrik sebagai penggerak utama dalam proses industri, biasanya dilengkapi dengan peralatan dalam kontrol tambahan, antara lain:

- a. Peralatan manuver (kontraktor dan pemutus).
- b. Sistem pendingin/*ventilasi* (kontaktor dan motor).
- c. Peralatan *proteksi*.
- d. Sistem *starting* (manual/otomatis).
- e. Sistem *eksitasi*.

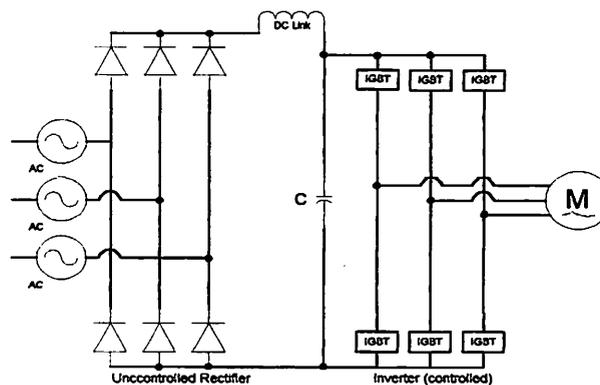
Peralatan kontrol tersebut, umumnya menggunakan prinsip elektronika daya, sehingga jika tidak berhati-hati dalam melakukan *setting* dengan baik, maka kemungkinan besar akan terjadi *trip* yang tidak diinginkan.

#### 2.5.3.1. AC Drive

Struktur umum dalam AC-PWM *drives* umumnya terdiri dari: rangkaian penyearah 6 dioda (*3 phasa rectifier bridge*), kapasitor *DC-link* yang berfungsi untuk menjamin konversi tegangan suplai AC menjadi DC tegangan *ripple* yang rendah. Disamping itu, kapasitor *DC-link* ini dapat membantu mempertahankan kerja motor terhadap pengaruh gangguan *voltage dips*. Melalui

rangkainan PWM (*Pulse Width Modulation*), tegangan DC tersebut dikonversikan kembali jadi tegangan AC dengan frekuensi dan amplitudo tegangan variabel, untuk mensuplai beban (motor induksi tiga phase). Penggunaan dioda menguntungkan, karena tidak memerlukan rangkaian penyalan sehingga dampak *voltage dips*, yang berupa pergeseran fasa dapat diabaikan.

Kedip tegangan pada AC Drive terjadi akibat adanya ketidakseimbangan tegangan sesaat yang disebabkan oleh gangguan tersebut. Fenomena ini dapat mengakibatkan *mal* operasi pada AC Drive, maupun bekerjanya peralatan proteksi.



**Gambar 2.12.**  
**Topologi AC Motor Drive.**

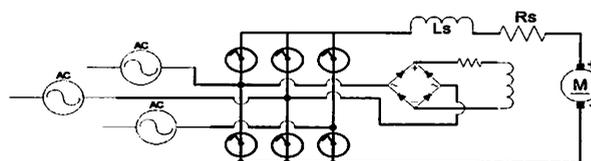
Pada saat terjadi ketidakseimbangan tegangan sebagai pengaruh dari terjadinya gangguan kedip tegangan akibat adanya hubung singkat satu fasa ke tanah, arus saluran pada salah satu fasanya dapat mencapai lebih lebih dari 200% dari nominalnya, dan arus tertinggi yang mengalir melalui *bridge rectifier* dapat mencapai 4 kali harga pada kondisi normal.

Lonjakan arus ini dikarenakan saat tegangan kapasitor pada bus DC melebihi tegangan inputnya, maka tidak akan ada aliran arus. Akibatnya, kapasitor dituntut untuk *discharge* dalam jumlah yang lebih banyak daripada operasi normal, untuk menjamin berlangsungnya aliran energi ke motor. Dengan demikian, bila tegangan kembali normal dan jembatan penyearah kembali berfungsi untuk mensuplai energi termasuk arus yang cukup besar. Bila sebelumnya sudah terjadi pergeseran sudut fasa, maka setiap pergeseran tersebut dapat menyebabkan terjadinya perpindahan fasa dari posisi aliran arus.

Umumnya *AC Drive* akan trip bila terjadi "*under voltage*" yaitu saat nilai penurunan tegangan kapasitor pada bus DC telah melampaui limit tertentu, atau bila terjadi "*over current*" yang dibutuhkan arus input yang melebihi batas tertentu.

### 2.5.3.1. DC Drive

Karakteristik *DC Drive* sangat berbeda dengan *AC Drive*, antara lain karena struktur topologinya yang lebih sederhana dan juga tidak tersedianya mekanisme energi *storage* tambahan kecuali inersia motor itu sendiri.



**Gambar 2.13.**  
**Topologi DC Motor Drive**

Pada gambar diatas, sumber AC dihubungkan dengan armatur motor DC melalui jembatan penyearah SCR dengan tujuan untuk mendapatkan sistem suplai DC variabel yang diperlukan oleh motor DC. Saat operasi normal, *thyristor* akan mulai *on* dalam urutan setiap 1/6 siklus. Kontrol pemicuan dari SCR dilakukan untuk mengatur bentuk gelombang tegangan suplai sehingga didapatkan harga rata-rata tegangan *output* yang diinginkan.

Pengontrolan sudut penyalaan tersebut dilakukan melalui *looping* dari sistem umpan balik (*feedback loop*) dari tegangan maupun kecepatan, yang biasanya telah dilengkapi dengan "*Timing Circuitry*" dan "*Phasa-Locked Loop*" (PLL) sebagai stabilisator dari "*timing circuit*" tersebut, sehingga dapat dijamin tercapainya sinkronisasi titik nol (*Zero Crossing*) dari masing-masing tegangan suplai.

Monitoring harga *rms* gelombang input, umumnya dilakukan melalui rangkain detektor harga puncak, oleh karenanya *drive* akan langsung *trip* pada saat merasakan adanya *undervoltage*, *overvoltage*, *phase lose*, dan arus yang berlebihan, baik pada input maupun ouputnya. Umumnya rangkaian detektor harga puncak inilah yang menyebabkan terjadinya *trip* (walaupun sebenarnya sebageian besar *trip* tersebut tidak perlu terjadi).

Bila terjadi gangguan kedip tegangan disisi AC, maka tegangan disisi DC yang merupakan suplai tegangan ke motor DC,

akan turun dan mengakibatkan terjadi penurunan kecepatan. Dalam kondisi ini, sistem pengaturan akan mendeteksi adanya penurunan kecepatan (ataupun tegangan DC), dan memberikan instruksi guna menaikkan sudut konduksi *Thyristor*, agar terjadi penambahan arus (yang melalui *stator*).

Penurunan kecepatan putar menyebabkan turunya *force-electromotive*, akibatnya pada saat tegangan kembali normal, timbul arus yang kemudian akan menyebabkan bekerjanya sistem proteksi yang melindungi keseluruhan sistem, sehingga untuk menghindari akibat tersebut, perlu ditambah pelengkap berupa alat deteksi gangguan kedip tegangan disisi AC dan efek penurunan tegangan disisi DC, sehingga instruksi untuk mengurangi sudut konduksi pada masing-masing *Thyristor* dapat langsung dilakukan untuk mencegah terjadinya arus lebih pada saat tegangan kembali normal.

Dilain pihak, karakteristik gangguan kedip tegangan sulit diramalkan (sangat tidak menentu, baik diskontinuitas, maupun ketidakseimbangan tegangan yang ditimbulkannya), sehingga dapat menyebabkan kerusakan pada "*Timing Circuitry*" tersebut, sehingga terjadi kehilangan sinkronisasi antara *drive* dan tegangan suplai.

Dalam mengantisipasi kondisi tersebut, dan mencegah terjadinya arus lebih, beberapa jenis *drive* akan langsung menonaktifkan pemicuan *Thyristor*, selama adanya gangguan.

Bila yang terjadi adalah pergeseran sudut fasa sebagai akibat adanya gangguan kedip tegangan, maka *detector "Phasa Loss"* akan langsung bekerja untuk mentriapkan *drive*. Kasus yang paling ekstrim adalah apabila detektor urutan fasa merasakan adanya pembalikan kesalahan urutan penyalaan pada *Thyristor* sehingga terjadi arus lebih.

#### **2.5.4. Programmable Logic Controller (PLC)**

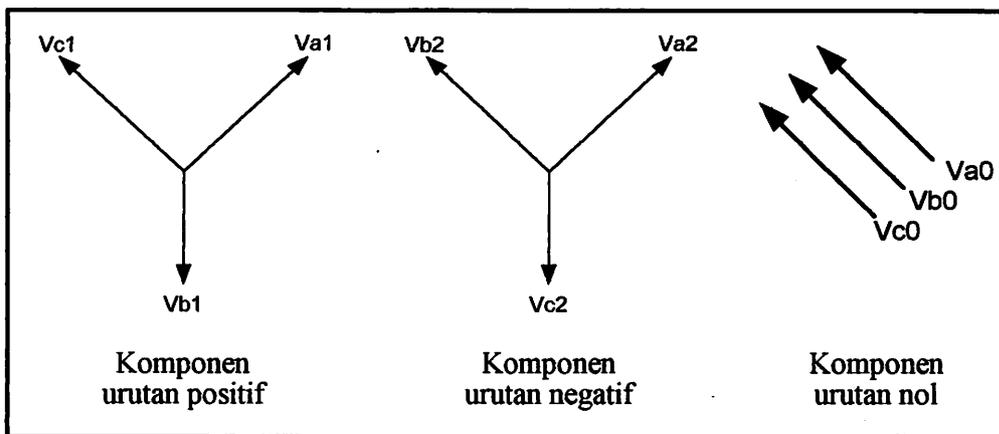
Sensitivitas PLC terhadap variasi tegangan sangat tinggi, sehingga hanya diijinkan  $\pm 10\%$  dari tegangan nominal, dan dalam waktu yang relatif singkat. Kerugian yang dialami oleh PLC akibat terjadinya kedip tegangan (*voltage dips*) adalah hilangnya data/program penting, sehingga akan mengacaukan program dalam beroperasi.

#### **2.6. Teori Analisa Gangguan**

Gangguan tak simetris pada sistem transmisi, yang dapat terjadi karena hubung singkat, impedansi antara saluran, impedansi dari satu atau dua saluran ke tanah atau penghantar yang terbuka, dipelajari dengan metode komponen simetris.

Menurut *Fortescue*, tiga fasor tak seimbang dari sistem tiga fasa dapat diuraikan menjadi tiga sistem fasor yang seimbang. Himpunan komponen ini adalah :

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



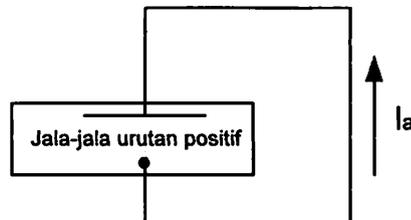
**Gambar 2.14.**  
**Komponen Simetris dari Tiga Fasor Tak Seimbang**

Jika bilangan kompleks yang menyatakan fasor dikalikan dengan bilangan kompleks yang besarnya satu, dan sudutnya  $\theta$ , bilangan kompleks yang dihasilkan adalah fasor yang sama besar fasor aslinya, tetapi fasanya

tergeser dengan sudut  $\theta$ . Kita sudah mengenal operator  $j$ , yang menyebabkan perputaran sebesar  $90^\circ$ , dan operator  $-1$  yang menyebabkan perputaran sebesar  $180^\circ$ .

### 2.6.1. Gangguan Tiga Fasa Simetris

Gangguan jenis ini termasuk gangguan yang jarang terjadi dan jika kita akan melakukan analisa terhadap gangguan tiga fasa simetris, maka kita harus mengubah rangkaian pada jaringan tenaga listrik yang sesungguhnya menjadi sebuah rangkaian ekivalen urutan positif saja, seperti gambar berikut :



**Gambar 2.15.**

#### **Representasi Jala-jala Urutan Positif Untuk Menirukan Gangguan Tiga Fasa Simetris**

Selanjutnya kita dapat melakukan analisa dengan bantuan teorema rangkaian *Thevenin* ataupun dengan jalan menggunakan tegangan internal di belakang reaktansi sub peralihan. Tegangan internal generator tunggal, pada rangkaian ekivalen untuk jaringan urutan positif adalah  $V_f$ , yakni tegangan pra gangguan ke netral pada titik terjadinya gangguan. Impedansi  $Z_l$  dari rangkaian ekivalen adalah impedansi yang dapat diukur diantara titik  $p$  (letak/posisi gangguan) dan bus pedoman pada jaringan urutan positif dengan semua *emf* dalam keadaan terhubung singkat. Karena tidak

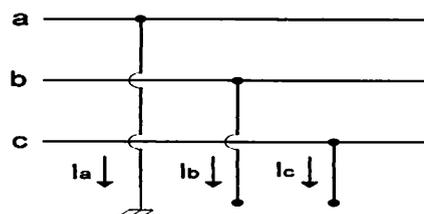


ada arus urutan negatif ataupun arus urutan nol yang mengalir sebelum gangguan, tegangan pra gangguan antara titik  $p$  dengan bus pedoman pada jaringan urutan negatif dan urutan nol adalah nol. Oleh karenanya tidak terdapat  $emf$  dalam rangkaian ekuivalen jaringan urutan negatif dan urutan nol.

### 2.6.2. Gangguan Tak Simetris

Gangguan tidak simetris terjadi sebagai gangguan satu fasa ke tanah (L-G), gangguan antar fasa (L-L), gangguan 2 fasa ke tanah (L-L-G). Interpretasi jaringan urutan yang saling dihubungkan sedemikian rupa sehingga dapat kita lakukan simulasi terhadap segala macam jenis gangguan termasuk jenis gangguan tiga fasa simetris, namun sebelumnya kita harus mencari terlebih dahulu rangkaian pengganti urutan positif, negatif, maupun nolnya.

Gangguan 1 fasa-tanah termasuk yang paling sering terjadi, hipotesa awal kita dalam melakukan analisa gangguan 1 fasa ke tanah adalah dengan mengambil asumsi bahwa salah satu fasa, dalam hal ini fasa  $a$  mengalami gangguan hubung singkat ke tanah, sedangkan fasa yang lainnya tidak mengalami, sehingga dapat kita gambarkan :



**Gambar 2.16.**  
**Gangguan Hubung Singkat Fasa-Tanah (Langsung)**

## 2.7. Kualitas Per-unit

Besarnya daya, impedansi, tegangan dan arus pada sistem transmisi tenaga dapat dinyatakan dalam kualitas per-unit dari suatu nilai dasar (*base sistem*). Didefinisikan nilai per-unit suatu kuantitas adalah perbandingan kuantitas tersebut terhadap nilai dasarnya yang dinyatakan dalam desimal.

$$Z(pu) = \frac{Z_{sebenarnya, \Omega}}{Z_{base, \Omega}} \quad \dots\dots\dots(2.1)$$

Impedansi dasar adalah yang akan menimbulkan jatuh tegangan (*voltage drop*) padanya sendiri sebesar tegangan dasar jika arus yang melaluinya sebesar arus dasar. Adapun persamaan yang timbul untuk menjelaskan pernyataan tersebut adalah :

$$\text{Arus dasar, } A = \frac{kVA_{3\phi} \text{ dasar}}{\sqrt{3} \times \text{tegangan dasar, } kV_{LL}} \quad \dots\dots\dots(2.2)$$

Impedansi dasar dan arus dasar dapat langsung dihitung dari nilai-nilai tiga fasa untuk  $kV_{base}$  dan  $KVA_{base}$ . Jika kita mengartikan bahwa  $KVA_{base}$  dan  $kV_{base}$  untuk total daya tiga-fasa dan tegangan dasar antar saluran, maka kita peroleh :

$$\text{Impedansi dasar} = \frac{\left( \text{tegangan dasar, } \frac{kV_{LL}}{\sqrt{3}} \right)^2 \times 1000}{kVA_{3\phi} / 3 \text{ dasar}} \quad \dots\dots(2.3)$$

$$\text{Impedansi dasar} = \frac{(\text{tegangan dasar, } kV_{LL})^2 \times 1000}{kVA_{3\phi} \text{ dasar}} \quad \dots\dots\dots(2.4)$$

$$\text{Impedansi dasar} = \frac{(\text{tegangan dasar, } kV_{LL})^2}{MVA_{3\phi} \text{ dasar}}$$

Biasanya, ada nilai impedansi tertentu yang harus kita ubah dalam bentuk per-unit yang baru agar sesuai dengan sistem baru. Persamaan yang menjelaskan hal itu adalah :

$$Z(p.u)_{new} = Z(p.u)_{old} \times \left[ \frac{kV_{old}}{kV_{new}} \right]^2 \times \left[ \frac{MVA_{new}}{MVA_{old}} \right] \quad \dots\dots\dots(2.5)$$

Keseimbangan circuit 3 fasa pada penyelesaian *single line* dengan kembali ke netral, dasar kualitas per-unit pada diagram impedansi adalah KVA dan kV dari line ke netral. Biasanya data yang biasanya diberikan sebagai total tiga fasa adalah KVA atau MVA dan *line to line* kV. Tegangan dasar pada netral adalah dasar tegangan dari *line to line* dibagi dengan  $\sqrt{3}$ . Sejak inilah maka *ratio* antara tegangan *line to line* dan *line to netral* pada sistem tiga fasa seimbang nilai per-unit tegangan *line to netral* pada tegangan dasar *line to netral* sama dengan nilai per-unit tegangan *line to line* pada titik yang sama di tegangan dasar *line to line* jika sistem seimbang.

## 2.8. Penyelesaian dan Studi Aliran Beban

Studi aliran beban merupakan hal yang sangat penting dalam merencanakan perluasan sistem tenaga dan khususnya dalam menentukan operasi terbaik untuk sistem yang ada. Variabel utama yang dapat kita jumpai pada studi aliran beban adalah besar dan sudut fasa tegangan pada setiap *rel* dan daya nyata dan reaktif yang mengalir pada sistem tersebut. Sebenarnya masih banyak variabel tambahan lainnya yang dibutuhkan dalam menyelesaikan perhitungan program komputer.

### 2.8.1. Studi Aliran Beban

Pada studi aliran beban baik admitansi sendiri dan admitansi bersama yang membentuk matrik admitansi rel  $Y_{rel}$  maupun impedansi titik penggerak ataupun impedansi pemindah yang membentuk  $Z_{rel}$ , semuanya itu dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah aliran daya. Keterangan yang lainnya adalah *rating* dan impedansi transformator, *rating* kapasitor *shunt* dan *transformer tap setting*.

Saluran transmisi direpresentasikan dengan masing-masing nominal per-*phase*. Untuk harga masing-masing saluran pada impedansi  $Z$  dan total saluran admitansi  $Y$  (masing-masing terminal pada saluran MVA dengan tegangan nominal sistem) juga diperlukan dalam perhitungan komputer yang dapat diturunkan dalam semua elemen dengan  $N \times N$  Matrik admitansi  $Y_{ij}$  sebagai berikut :

$$Y_{ij} = |Y_{ij}| \angle \theta_{ij} = |Y_{ij}| \cos \theta_{ij} + j |Y_{ij}| \sin \theta_{ij} = G_{ij} + jB_{ij} \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

Variabel penting lainnya pada transformer *rating* dan impedansi, *rating* kapasitor *shunt*, dan *transformer tap setting*. Yang selanjutnya dapat kita notasikan berikut di bawah ini.

Tegangan bus tipe  $i$  pada sistem yang diberikan sudut dapat dinotasikan :

$$V_i = |V_i| \angle \theta_i = |V_i| (\cos \delta_i + j \sin \delta_i) \quad \dots\dots\dots (2.7)$$

Dan tagangan pada bus  $j$  dapat dinyatakan dari  $i$  ke  $j$  dan arus jaringan dimasukan dalam jaringan bus  $i$  dengan notasi elemen  $Y_{in}$  pada  $Y_{bus}$  dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$I_i = Y_{i1}V_1 + Y_{i2}V_2 + \dots + Y_{iN}V_N = \sum_{n=1}^N Y_{in}V_n \quad \dots\dots\dots (2.8)$$

Selanjutnya adalah  $P_i$  dan  $Q_i$  adalah notasi dari *real net* dan *reactive power* yang masuk pada jaringan bus  $i$ . Kemudian *conjugate* pada masukan daya di bus  $i$  adalah :

$$P_i - jQ_i = V_i^* \sum_{n=1}^N Y_{in}V_n \quad \dots\dots\dots(2.9)$$

Persamaan tersebut disubstitusikan dari persamaan (2.6) dan (2.7), maka didapat persamaan :

$$P_i - jQ_i = \sum_{n=1}^N Y_{in}V_iV_n \angle\theta_{in} + \delta_n - \delta_i \quad \dots\dots\dots (2.10)$$

Dari persamaan diatas dapat dihasilkan persamaan untuk bagian *real* dan *reactive*, sebagai mana berikut :

$$P_i = \sum_{n=1}^N |Y_{in}V_iV_n| \cos \angle\theta_{in} + \delta_n - \delta_i \quad \dots\dots\dots (2.11)$$

$$Q_i = \sum_{n=1}^N |Y_{in}V_iV_n| \sin \angle\theta_{in} + \delta_n - \delta_i \quad \dots\dots\dots (2.12)$$

Persamaan (2.11) dan (2.12) diatas menunjukkan bahwa nilai daya nyata adalah  $P_i$  dan daya reaktif adalah  $Q_i$  , keduanya sebagai data jaringan bus  $i$  sistem.

Persamaan-persamaan diatas yang nantinya dapat digunakan sebagai data masukan dalam perhitungan dengan menggunakan komputer. Ada beberapa metode perhitungan dalam penyelesaian masalah aliran daya salah satunya adalah dengan metode *Newton – Raphson*

### 2.8.2. Penyelesaian Aliran Beban dengan Metode *Newton – Raphson*

Dasar metode *Newton-Raphson* dalam penyelesaian masalah aliran beban adalah uraian deret *Taylor* suatu fungsi dengan dua variabel atau lebih. Aplikasi metode *Newton-Raphson* untuk menyelesaikan perhitungan aliran beban, tegangan bus dan admitansi saluran dinyatakan dalam bentuk polar.

Pada persamaan (2.11) dan (2.12), apabila  $n$  diganti dengan  $i$  maka dapat dihasilkan rumusan berikut :

$$P_i = |V_i|^2 G_{ii} + \sum_{\substack{n=1 \\ n \neq i}}^N |V_i V_n Y_m| \cos (\theta_m + \delta_n - \delta_i) \quad \dots\dots\dots (2.13)$$

$$Q_i = |V_i|^2 B_{ii} - \sum_{\substack{n=1 \\ n \neq i}}^N |V_i V_n Y_m| \sin (\theta_m + \delta_n - \delta_i) \quad \dots\dots\dots (2.14)$$

Perhitungan tersebut dapat diturunkan lebih lanjut dengan memperhatikan nilai sudut tegangan dan *magnitudes*.  $G_{ii}$  dan  $B_{ii}$  diperoleh dari notasi pada  $Y_{ij}$  dalam persamaan (2.6) dan kenyataannya bahwa sudut  $(\delta_n - \delta_i)$  adalah nol ketika  $n = i$ .

*Slack* bus mempunyai spesifikasi nilai untuk  $\delta_l$  dan  $|V_l|$ , dan pada masing-masing bus lainnya dalam jaringan mempunyai dua bagian variabel  $\delta_l$  dan  $|V_l|$  untuk menghitung dalam penyelesaian aliran daya dengan nilai *mismatch* berikut di bawah ini :

$$\Delta P_i = P_{i.sch} - P_{i.calc} \quad \dots\dots\dots (2.15)$$

$$\Delta Q_i = Q_{i.sch} - Q_{i.calc} \quad \dots\dots\dots (2.16)$$

Selanjutnya dapat dilakukan perhitungan sistem dengan lebih dari empat bus. Untuk daya nyata didapat :

$$\Delta P_i = \frac{\partial P_i}{\partial \delta_2} \Delta \delta_2 + \frac{\partial P_i}{\partial \delta_3} \Delta \delta_3 + \frac{\partial P_i}{\partial \delta_4} \Delta \delta_4 + \frac{\partial P_i}{\partial |V_2|} \Delta |V_2| + \frac{\partial P_i}{\partial |V_3|} \Delta |V_3| + \frac{\partial P_i}{\partial |V_4|} \Delta |V_4| \quad \dots\dots\dots (2.17)$$

Tiga terimal terakhir dikalikan dan dibagi dengan *voltage magnitudes*, dan diperoleh sebagai berikut :

$$\Delta P_i = \frac{\partial P_i}{\partial \delta_2} \Delta \delta_2 + \frac{\partial P_i}{\partial \delta_3} \Delta \delta_3 + \frac{\partial P_i}{\partial \delta_4} \Delta \delta_4 + \Delta |V_2| \frac{\partial P_i}{\partial |V_2|} \frac{\Delta |V_2|}{|V_2|} + \Delta |V_3| \frac{\partial P_i}{\partial |V_3|} \frac{\Delta |V_3|}{|V_3|} + \Delta |V_4| \frac{\partial P_i}{\partial |V_4|} \frac{\Delta |V_4|}{|V_4|} \quad \dots\dots\dots (2.18)$$

dengan cara yang sama dapat diperoleh daya reaktif  $Q_i$

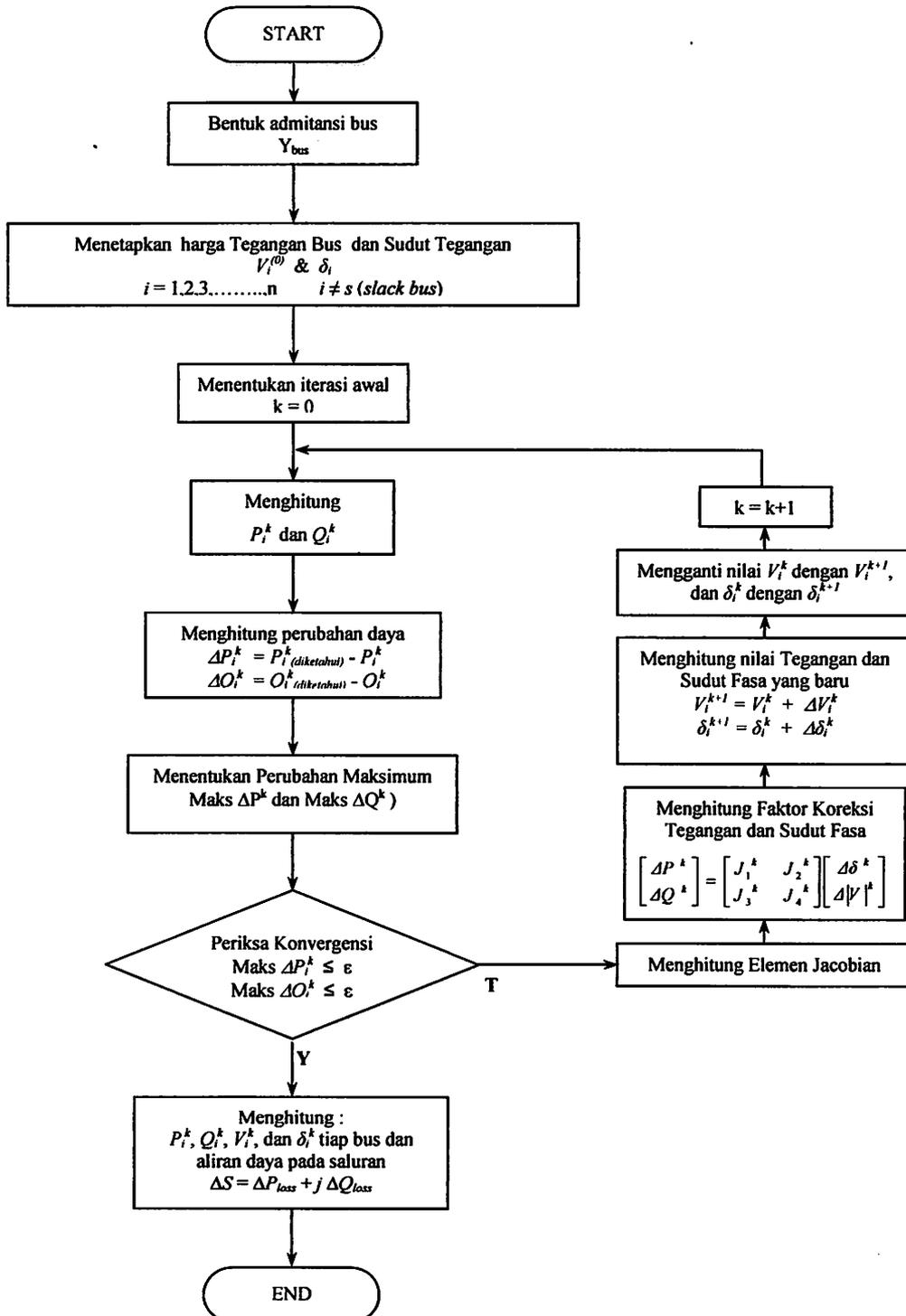
$$\Delta Q_i = \frac{\partial Q_i}{\partial \delta_2} \Delta \delta_2 + \frac{\partial Q_i}{\partial \delta_3} \Delta \delta_3 + \frac{\partial Q_i}{\partial \delta_4} \Delta \delta_4 + \Delta |V_2| \frac{\partial Q_i}{\partial |V_2|} \frac{\Delta |V_2|}{|V_2|} + \Delta |V_3| \frac{\partial Q_i}{\partial |V_3|} \frac{\Delta |V_3|}{|V_3|} + \Delta |V_4| \frac{\partial Q_i}{\partial |V_4|} \frac{\Delta |V_4|}{|V_4|} \quad \dots\dots\dots(2.19)$$

Untuk menyederhanakan dengan menggunakan matriks suatu sistem yang terdiri dari  $n$  rel. Perhitungan dimulai dari rel 2 karena rel 1 merupakan rel berayun serta besar dan sudut tegangan juga sudah ditentukan. Sehingga dalam bentuk matriks :

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial P_2}{\partial \delta_2} & \dots\dots\dots & \frac{\partial P_2}{\partial \delta_4} & |V_2| \frac{\partial P_2}{\partial |V_2|} & \dots\dots\dots & |V_4| \frac{\partial P_4}{\partial |V_2|} \\ \vdots & J_{11} & \vdots & \vdots & J_{12} & \vdots \\ \frac{\partial P_4}{\partial \delta_2} & \dots\dots\dots & \frac{\partial P_4}{\partial \delta_4} & |V_2| \frac{\partial P_4}{\partial |V_2|} & \dots\dots\dots & |V_4| \frac{\partial P_4}{\partial |V_4|} \\ \hline \frac{\partial Q_2}{\partial \delta_2} & \dots\dots\dots & \frac{\partial Q_2}{\partial \delta_4} & |V_2| \frac{\partial Q_2}{\partial |V_2|} & \dots\dots\dots & |V_4| \frac{\partial Q_2}{\partial |V_4|} \\ \vdots & J_{21} & \vdots & \vdots & J_{22} & \vdots \\ \frac{\partial Q_4}{\partial \delta_2} & \dots\dots\dots & \frac{\partial Q_4}{\partial \delta_4} & |V_2| \frac{\partial Q_4}{\partial |V_2|} & \dots\dots\dots & |V_4| \frac{\partial Q_4}{\partial |V_4|} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta_2 \\ \vdots \\ \Delta \delta_4 \\ \frac{\Delta |V_2|}{|V_2|} \\ \vdots \\ \frac{\Delta |V_4|}{|V_4|} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta P_2 \\ \vdots \\ \frac{\Delta P_4}{\Delta Q_2} \\ \vdots \\ \Delta Q_4 \end{bmatrix} \quad \dots\dots(2.20)$$

Adapun untuk flow chart aliran daya dengan metode *Newton-Raphson*

dapat dilihat pada gambar berikut ini :



**Gambar 2.17.**  
**Flow Chart Metode Newton-Raphson**



## 2.9. Penggunaan *Software*

*Software ETAP PowerStation* ini adalah *software* yang digunakan untuk melakukan analisa atau perhitungan hubung singkat pada bus PLN mulai dari pembangkit sampai dengan sisi beban. *Software* ini telah biasa digunakan dalam mencari pemecahan masalah yang berkaitan dengan kasus hubung singkat pada sistem tenaga listrik yang diberikan di bangku kuliah.

Adapun nilai inputan yang diperlukan dalam penggunaan program ini antara lain:

- a. Jumlah bus dalam sistem transmisi/distribusi yang akan dianalisa.
- b.  $MVA_{base}$  yang digunakan dalam sistem.
- c. Nilai impedansi urutan positif, negatif dan nol, dari saluran, *transformator*, petanahan *generator*.
- d. Lokasi bus/saluran yang mengalami gangguan dan jenis gangguan.
- e. Banyaknya *Iterasi* perhitungan

Namun sebelum memasukkan variabel-variabel inputan tersebut terlebih dahulu harus sudah diperoleh nilai impedansi urutan, tegangan arus dalam bentuk per-unit (p.u)

Output yang diperoleh berupa deretan nilai numerik yang menunjukkan besarnya tegangan di titik gangguan, besarnya arus gangguan dan sudutnya, besarnya tegangan pada tiap-tiap bus meliputi tegangan urutan positif, negatif dan nol, serta tegangan pada tiap fasanya dinyatakan dalam bentuk *percent*.

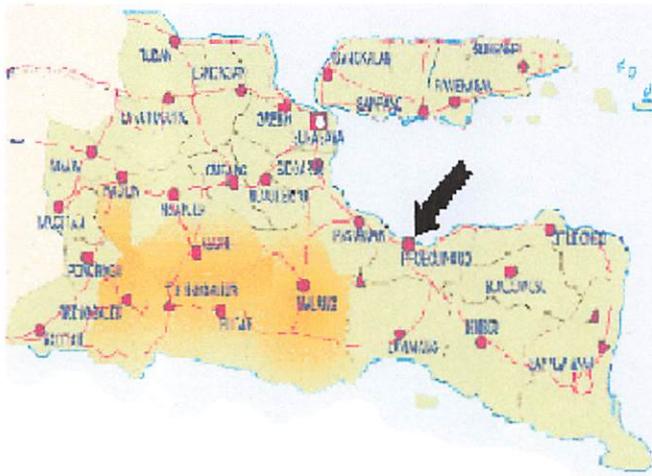
## BAB III

### DATA PENUNJANG PEMBAHASAN

#### 3.1. Profil PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo

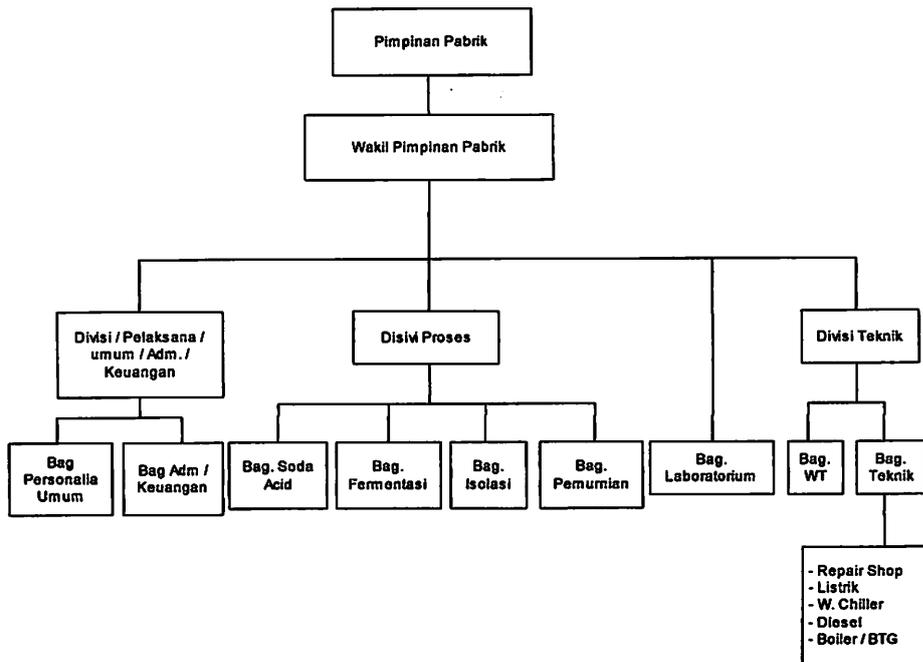
PT. Sasa Inti merupakan pembuat MSG (*Monosodium Glutamate*) pertama di Indonesia. Pembangunan PT. Sasa Inti Fermentation Ltd. Dimulai pada bulan Februari 1968 dan diresmikan tanggal 9 Juni 1969 di Gendangan-Sidoarjo. Produksi pada awal operasi adalah 50 Ton MSG perbulan.

Mulai tahun 1973, didirikan pabrik PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo dan di resmikan pada 30 Agustus 1975. Pada awal operasinya menghasilkan 600 Ton pertahun, sedangkan sekarang sudah mencapai 55.000 Ton pertahun.



**Gambar 3.1**  
**Peta Lokasi PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo**

Secara organisatoris, jabatan yang ada pada PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo adalah sebagai berikut :



**Gambar 3.2.**  
**Struktur Organisasi PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo**

### 3.2. Data Teknis PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo

Konsumsi daya total rata-rata yang di butuhkan oleh PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo, adalah mencapai 2700 kWh/Ton MSG. Suplai tenaga listrik tersebut diperoleh dari PT. PLN (Persero) melalui Gardu Induk sebesar 25 MVA yang terbagai dalam 2 trafo penurun tegangan (150/3,3 kV), produksi ABB, masing-masing sebesar 20 MVA, yang di operasikan selama 24 jam.

Pada pengoperasian sebagian mesin-mesin produksi dan peralatan yang lain, termasuk untuk penerangan dan laborat/kantor, level tegangan sebesar 3,3 kV harus di turunkan menjadi 220/380 Volt. *Single line diagram* PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo dapat di lihat pada lampiran, yang berisi nama peralatan, *level* tegangan, dan konsumsi daya yang di butuhnya.

PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo tidak hanya memproduksi penyedap rasa (*Monosodium Glutamate/MSG*), namun juga berusaha memanfaatkan limbah produksinya yang berupa hasil pemisahan larutan *Asam Glutamat* yang telah dikristalkan. Bahan baku pupuk cair yang telah dipisahkan tersebut kemudian diolah menjadi pupuk cair dengan nama *SARITANA*, untuk selanjutnya disetorkan ke petani desa di Jawa Timur.

Unit penunjang proses (*utility*) PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo terdiri dari bagian yang bersifat menunjang pemenuhan kebutuhan proses industri, maupun yang bersifat memanfaatkan sisa/buangan industri. Bagian yang termasuk dalam penunjang proses industri adalah bagian elektris, yakni meliputi 5 unit PLTD dengan kapasitas masing-masing: 3x3000 kVA/3,3 kV; 2x3500 kVA/3,3 kV, yang selalu *stand by* bersama suplai daya listrik dari PLN 25 MVA yang terbagai dalam 2 Trafo penurun tegangan 20 MVA 150/3,3 kV, dan sebuah Boiler Generator (BTG) dengan kapasitas 5170/3.3 kV.

Bagian berikutnya adalah bagian pengolahan air industri yang berasal dari air sungai yang telah melalui proses pengolahan air buangan (ASS) dari limbah cair. Pengolahan air industri ini terdiri dari 4 bagian utama, yakni *Demineralized water* ke *Boiler*, *Soft water* ke *water chiller* sebagai pendingin, *deal soft water* dan *filter water* yang berperan secara langsung menunjang proses industri. Bagian lainnya adalah bagian kompresor udara.

Bagian yang bersifat memanfaatkan sisa industri antara lain pupuk cair dengan *SARITANA* untuk disalurkan ke petani di wilayah Jawa Timur, *Gypsum* setelah melalui fase pengeringan dengan bantuan sinar matahari akan

dimanfaatkan sebagai *filter* atau tanah urug. Untuk limbah padatnya berupa bahan bakar untuk bahan batu bara.

### 3.3. Data Gangguan PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo

Dalam melakukan kegiatan produksinya, terkadang PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo mengalami gangguan yang di sebabkan oleh gangguan yang terjadi pada suplai PT. PLN (Persero), adapun gangguan yang di rasakan itu antara lain adalah gangguan pada stabilitas tegangan, pasokan daya, dan stabilitas frekuensi.

Data kejadian gangguan, dan indikasi sepertinya seperti yang tertulis pada tabel berikut ini:

**Tabel 3.1.**  
**Data Gangguan Harian PLN yang Dirasakan PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo**

No.	HARI/TANGGAL	WAKTU	GANGGUAN
1	Sabtu, 02-10-03	11.05	PLN <i>trouble off</i> mendadak
2	Rabu, 06-10-03	07.25	Tegangan PLN mendadak turun
3	Kamis, 07-10-03	09.25	PLN terjadi kedip tegangan
		15.15	PLN terjadi kedip tegangan
4	Minggu, 21-11-03	13.17	Terjadi kedip tegangan pada suplai PLN
5	Jumat, 21-01-04	16.20	Frek. Turun jadi 49,2 Hz lampu alarm 150 kV nyala
6	Jumat, 28-01-04	15.12	PLN terjadi kedip tegangan, beban TG goyang & CENTACT mati selama 1 menit, Lampu alarm PLN II nyala
7	Senin, 31-01-04	12.05	PLN terjadi kedip tegangan
8	Minggu, 27-02-04	14.30	PLN terjadi kedip, beban TG hanting selama 2 menit
9	Senin, 19-06-04	13.18	PLN terjadi kedip tegangan
10	Jumat, 30-06-04	22.10	Frekuensi turun jadi 49,2 Hz
11	Senin, 31-07-04	23.25	PLN terjadi kedip tegangan

Sumber: data sekunder PT. Sasa Inti Gending- Probolinggo

Data terjadi kedip tegangan pada sistem pasokan daya, dengan penurunan amplitudo tegangan lebih dari 10% tegangan nominal, maka akan mematikan atau menghentikan mesin-mesin atau *drives* yang ada *Drop* tegangan pada sistem pasokan daya tersebut akan mengganggu proses *fermentasi* pada produksi penyedap rasa tersebut.

Biasanya peralatan produksi yang sensitif terhadap timbulnya fenomena kedip tegangan adalah CENRAC (*Centrifugal Air Compressor*) bermerk *Ingersoll-Rand* dengan *microcontroller* mesin pendingin CENTRAVAC (*Cetrifugal Refrigerator Air Compressor*), dengan merk *Trane*.

Adapun spesifikasi untuk motor induksi CENTAC (*Centrifugal Air Compressor*) bermerk *Ingersoll-Rand* adalah :

**Item No.** : VAQ-8109  
**Manufacturer** : *Reliance Eletric*  
**Horse Power** : 1250  
**Rated Voltage** : 3300 Volts      60 Hz      3 Phase

	<i>Full Load</i>	<i>¾ Load</i>	<i>½ Load</i>
<i>Effieciency (full Voltage)</i>	95.3	95.4	94.9
<i>Power factor (full Voltage)</i>	85.8	82.4	74.1

	<i>80% Voltage</i>	<i>Full Voltage</i>
<i>Nominal current at nameplate HP</i>	241 A	200 A
<i>Starting current/Nominal current %</i>	453%	571%
<i>Starting Torque/Nominal current %</i>	56%	92%
<i>Maximum Torque/Nominal current %</i>	167%	263%
<i>Acceleration Time (Sec)</i>	6.7 Sec	3.6 Sec

Adapun spesifikasi untuk CENTRAVAC (*Cetrifugal Refrigerator Air Compressor*), dengan merk *Trane* adalah :

**Rated Voltage** : 4160 Volts      60 Hz      3 Phase  
**Voltage utilization range** : 3744 – 4576 VAC  
**Minimum circuit Ampacity** : 107 Amp  
**Maximum fuse** : 175 Amp  
**Maximum circuit breaker** : 175 Amp  
**Maximum overload trip** : 90Amp

**Tabel 3.2.**  
**Spesifikasi Peralatan Centravac Merk Trane.**

ITEM	Volts AC	Hz	Ph	RLA	Max LRAV
<i>Compressor motor</i>	4160	60	3	85.0	436
<i>Oil pump motor</i>	115	60	1		4.9 FLA
<i>Oil tank heater</i>	115	60	1		1000 W
<i>Control circuit</i>	115	60	1		60 VA max
<i>Purge comp motor</i>	115	60	1		7.0 FLA

Sumber: The Trane Company, La Crosse, WI 54601-7599 made in USA.

**Tabel 3.3.**  
**Machine Configuration Group.**

<i>Menu Item</i>	<i>Choices</i>	<i>Default</i>	<i>Design/ Actual</i>
<i>Unit Line Voltage</i>	180-6600 (5 Volt ine)	460	-
<i>Unit Frequency</i>	60 Hz, 50 Hz	60 Hz	50 Hz
<i>Starter Type</i>	<i>Underfined, variable speed, Y-Delta, X-line, Solid state, autotrafo, primary reactor</i>	Y-Delta	Auto transformer
<i>Rated Load Amperes</i>	0-2500	500	155
<i>Motor Hearing Contstant</i>	0-100 minutes	25 min	50 min

Kalau mesin-mesin atau *drives* yang sedang berjalan *trip*/putus maka proses produksi dari pembuatan penyedap rasa tersebut cacat atau rusak, dan bahan olahan pembuat penyedap rasa tadi tidak dapat digunakan lagi, sehingga harus dibuang. Proses produksi dimulai dari awal lagi yang kemudian mesin-mesin dan *drives*-nya harus di *start* lagi.

Terpisah dari sistem pasokan daya, mesin-mesin ini membutuhkan peralatan lain seperti perlengkapan udara, *air conditioner* dan jika peralatan-peralatan ini berhenti yang disebabkan oleh tegangan kedip, maka proses produksi akan terganggu. Bentuk kerugian produksi, yakni *fermentasi* yang seharusnya mendapatkan suplai udara dari kompresor, tiba-tiba terganggu adalah keberadaan *drive*, yang menggunakan *micro controller* dan *setting* peralatan (motor), yang

menggunakan *setting under voltage* sebesar 90% tegangan nominal, untuk yang menggunakan *time delay* sebesar 2 detik.

Walaupun kejadian kedip tegangan ini berlangsung sekejap, namun pada saat itu juga katub udara (*valve*), yang seharusnya menahan tekanan udara yang kembali keluar. Akibatnya *filter* udara yang ada akan rusak. Harga *filter* itu sendiri sangat mahal, namun yang terpenting, dan tidak dapat ditolerir oleh proses produksi dari kejadian ini, adalah kerusakan *filter* udara ini, terjadi kontaminasi antara larutan dengan udara luar, sehingga larutan rusak, dan bakteri yang terlibat dalam *fermentasi* ini akan mati, sehingga *fermentasi* gagal.

Selain kejadian di tahapan *fermentasi*, biasanya tahapan proses lainnya yang sensitif terhadap gangguan adalah *kristalisasi*, dimana pada tahapan ini, jika tiba-tiba terjadi gangguan, yang sampai menyebabkan mesin mati (*shutdown*), maka MSG yang akan *dikristalisasi* mengalami pemekatan yang berlebihan, bahkan sampai kering dan berkerak, sehingga MSG seperti yang bisa kita lihat dipasaran akibat yang lebih parah adalah kristal MSG yang sudah menjadi kerak itu, harus dibersihkan, dan waktu yang dibutuhkan untuk membersihkan tidaklah sebentar. Hal ini jelas akan mengganggu kelangsungan proses produksi.

**Tabel 3.4.**  
**General Effect of Voltage Variation**  
**on Standart Efficient Motor Characterictis**

<i>Variation</i>	<i>Starting &amp; Max Running Torque</i>	<i>Synchrnoaus Speed</i>	<i>% Slip</i>	<i>Full Load Speed</i>	<i>Full Load Current</i>	<i>Starting Current</i>
<i>Voltage Variation 120 %</i>	<i>Inc 44%</i>	<i>No change</i>	<i>Dec 30%</i>	<i>Inc 1.5%</i>	<i>Inc 12%</i>	<i>Inc 20%</i>
<i>110% Voltage</i>	<i>Inc 21%</i>	<i>No change</i>	<i>Dec 17%</i>	<i>Inc 1%</i>	<i>Inc 2-4%</i>	<i>Inc 10-12%</i>
<i>Fuction of Voltage</i>	$(Voltage)^2$	<i>Constant</i>	$\frac{1}{(Voltage)^2}$	<i>Syc speed slip</i>		<i>Voltage</i>
<i>90% Voltage</i>	<i>Dec 90%</i>	<i>No change</i>	<i>Inc 23%</i>	<i>Dec 1-0.5%</i>	<i>Inc 10-11%</i>	

Sumber: Manual AC MOTOR PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo



### 3.4. Kedip Tegangan di Sistem Jawa Bali

Perlu disadari bahwa adanya kedip tegangan di sistem tenaga tidak dapat dihindari dan waktu terjadinya tidak dapat diperkirakan. Hal ini tidak hanya di Jawa-Bali saja tetapi di semua sistem ketenagalistrikan yang ada. Meskipun demikian, kekerapannya dapat di kurangi dan dampaknya dapat ditanggulangi.

Gangguan yang terjadi di sistem Jawa-Bali selama tahun 2003 dapat dilihat pada tabel 3.5. yaitu di sistem 500 kV sebesar 0 kali, di sistem 150 kV sebesar 69 kali di sistem 70 kV sebesar 138 kali. Sebagaian besar gangguan di atas berupa gangguan satu fasa ke tanah yang diakibatkan oleh petir dan layang-layang, dimana benang layang-layang ini dapat juga mengakibatkan gangguan fasa-fasa.

**Table 3.5.**  
**Kedip di Sistem Jawa-Bali**

Kategori Penyebab	70 kV	150 kV	500 kV	Jumlah
Alat	22	28	0	50
Kerja Relai	1	4	0	5
Cuaca (Hujan, Petir)	83	8	0	91
Layang-layang	12	12	0	24
Pohon	7	4	0	11
Binatang, manusia	1	0	0	1
Salah Operasi	2	3	0	5
Lain-lain	7	6	0	13
Jumlah	135	65	0	200

### 3.5. Data Teknis Saluran Daya PT. PLN (Persero) Ke arah PT. Sasa Inti

#### Gending-Probolinggo

Penyaluran Tenaga listrik di kawasan Gending-Probolinggo dibagi menjadi 3 bagian yaitu:

### 1. Konsumen Umum

Pada konsumen ini dipergunakan sistem tegangan 220 V dan biasanya dipergunakan untuk pelayanan konsumen di rumah-rumah dengan pemakaian daya yang relatif kecil.

### 2. Konsumen Menengah

Pada konsumen menengah ini dipergunakan sistem tegangan 20 kV dan pada konsumen ini biasanya dipergunakan untuk industri menengah yang tidak membutuhkan daya yang terlalu besar.

### 3. Kawasan Industri Besar

Kawasan industri ini mempergunakan 150 kV dan system ini dipergunakan untuk industri yang mempergunakan daya-daya yang besar.

Sistem tenaga listrik yang menuju PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo disuplai dari PT. PLN (Persero) dengan *single circuit* yang radial sebesar 25 MVA 150 kV. Unit *generator* yang mensuplainya adalah PLTU Paiton. Unit transmisi 150 kV Gardu Induk yang termasuk dalam cakupan kerja PLTU Paiton adalah:

- a) GI Paiton (500/150 kV)
- b) GI Kraksaan
- c) GI Gending
- d) GI Situbondo
- e) GI Probolinggo
- f) GI Bondowoso
- g) GI Lumajang

- h) GI Tanggul
- i) GI Jember
- j) GI Genteng
- k) GI Banyuwangi

**Tabel 3.6.**  
**Impendansi Saluran SUTT 150 kV PLTU-GI Paiton**

No	Saluran		Impendansi saluran ( $\Omega$ )				Ket
	Dari	Ke	R (p.u)	X (p.u)	B (p.u)	Daya (MVA)	
1	Paiton	St. Bdo	0,0095	0,0692	0,0502	415,680	D
2	Paiton	Kr. Saan	0,0080	0,0347	0,0135	192,252	D
3	Kr. Saan	Gending	0,0076	0,0328	0,0128	192,252	S
4	Kr. Saan	Pb. Probo	0,0119	0,0597	0,0232	192,252	D
5	St. Bdo	Bd. Woso	0,0137	0,0597	0,0202	192,252	D
6	St. Bdo	B. Wangi	0,0396	0,0604	0,0218	389,700	D
7	B. Wangi	Genteng	0,0181	0,0597	0,0232	192,252	S
8	Jember	Genteng	0,0255	0,1110	0,0432	192,252	S
9	Tanggul	Jember	0,0112	0,0432	0,0190	192,252	S
10	Bd. Woso	Jember	0,0157	0,0680	0,0265	192,252	D
11	L. Jang	Tanggul	0,0127	0,0550	0,0214	192,252	S
12	L. Jang	Jember	0,0239	0,1038	0,0404	192,252	S
13	Pb. Linggo	L. Jang	0,0204	0,0887	0,0345	192,252	S
14	Jember	B. Wangi	0,0413	0,1422	0,0599	192,252	S

Keterangan:

S = saluran transmisi merupakan SUTT 150 kV terdiri dari saluran tunggal (*single circuit*).

D = saluran transmisi merupakan SUTT 150 kV terdiri dari saluran tunggal (*single circuit*), dimana pada saluran ganda tersebut memiliki impedansi yang besarnya sama.

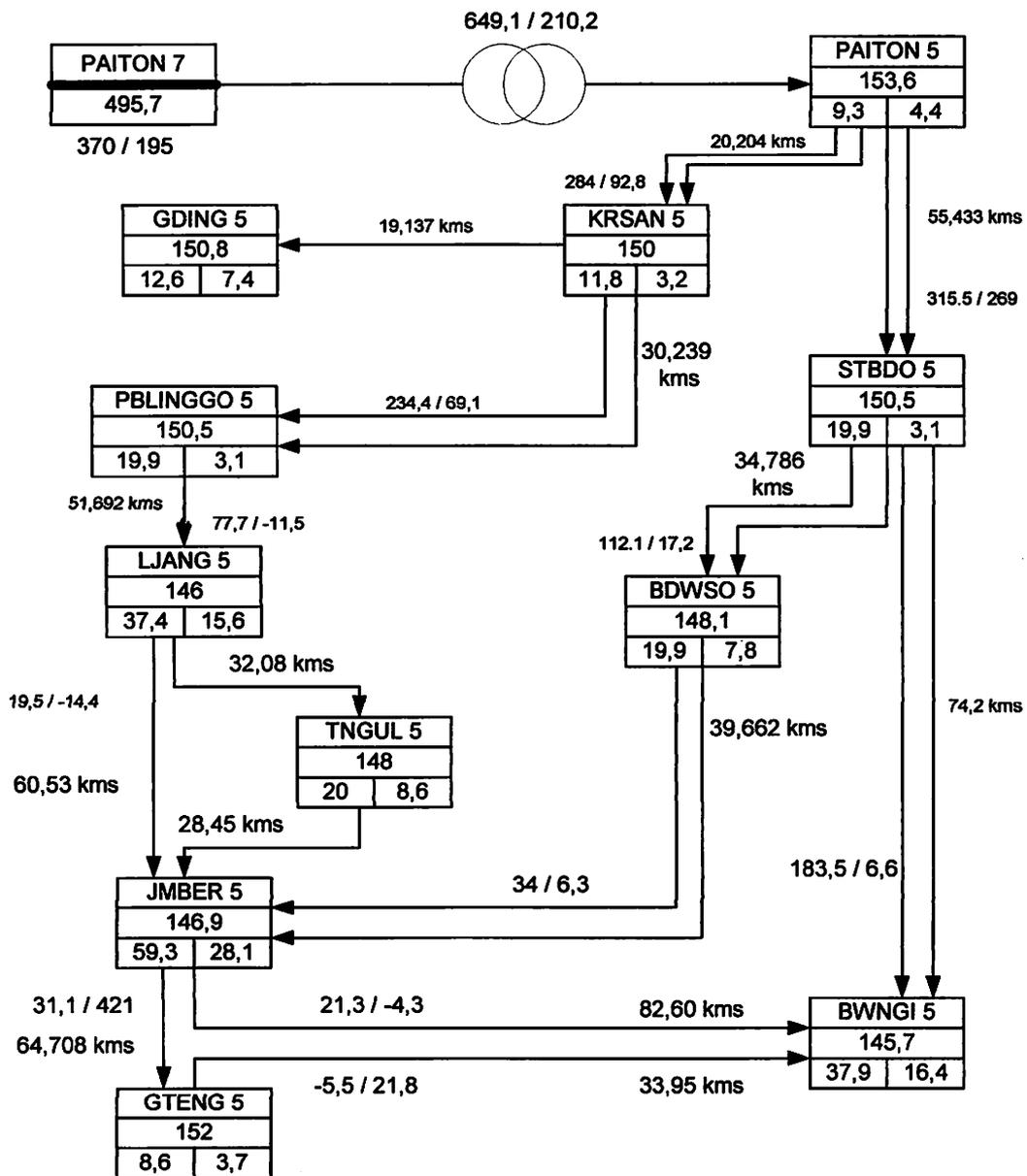
**Tabel 3.7.**  
**Impendansi Ekvivalen Saluran Ganda**

No	Saluran		Impendansi saluran ganda ( $\Omega$ )	
	Dari	Ke	R (p.u)	X (p.u)
1	Paiton	Situbondo	0,0047	0,0346
2	Situbondo	Banyuwangi	0,0198	0,0659
3	Situbondo	Bondowoso	0,0069	0,0299
4	Paiton	Kraksaan	0,0040	0,0174
5	Kraksaan	Probolinggo	0,0060	0,0260
6	Bondowoso	Jember	0,0078	0,0340

**Keterangan:**

Impendansi ekvivalen saluran ganda yang nampak tersebut, merupakan perhitungan parallel SUTT dari saluran *double circuit* dengan nilai impedansi yang sama besar.

Selengkapnya berikut ini disajikan single line diagram SUTT 150 kV dari PLTU-GI Paiton.



**Gambar 3.3.**  
**Single Line Diagram SUTT 150 kV dari Paiton – GI Paiton**

Berhubung semua saluran transmisi tersebut belum termasuk dalam kategori saluran transmisi panjang, maka pada saluran transmisi itu belum perlu untuk dilakukan transposisi.

**Table 3.8.**  
**Data gangguan Mingguan PT. PLN (Persero) P3B Waru**  
**Area IV Jawa Bali**  
**Januari 2003-Februari 2004**

No	Dari	Ke	Tanggal	Waktu	Cuaca
1	Lumajang	Jember	04/ 01/ 03	19.33	Mendung disertai petir
2	Lumajang	Jember	04/ 01/ 03	19.58	Mendung disertai petir
3	Jember	Lumajang	30/ 01/ 03	04.37	Terang
4	Situbondo	Banyuwangi	27/ 02/ 03	14.28	Mendung
5	Banyuwangi	Situbondo	26/ 03/ 03	13.21	Terang
6	Jember	Genteng	25/ 04/ 03	14.24	Mendung
7	Bondowoso	Jember	17/ 05/ 03	12.00	Angin
8	Jember	Genteng	24/ 05/ 03	13.49	Recluse, mendung
9	Kraksaan	Probolinggo	19/ 06/ 03	13.20	Gerimis
10	Jember	Banyuwangi	20/ 06/ 03	13.02	Mendung
11	Situbondo	Paiton	06/ 07/ 03	12.50	Terang
12	Bondowoso	Jember	23/ 07/ 03	14.33	Terang
13	Jember	Lumajang	03/ 07/ 03	16.49	-
14	Probolinggo	Lumajang	03/ 08/ 03	16.49	-
15	Lumajang	Jember	04/ 08/ 03	06.30	Terang
16	Tanggul	Lumajang	24/ 08/ 03	04.43	Recluse, terang
17	Banyuwangi	Situbondo	17/ 09/ 03	14.41	Recluse, terang
18	Paiton	Situbondo	27/ 10/ 03	14.41	Recluse, Terang SUTT akibat layang- layang di T. 152-153
19	Banyuwangi	Situbondo	05/ 11/ 03	10.34	Recluse, terang
20	Probolinggo	Lumajang	11/ 11/ 03	23.46	Recluse, hujan lebat
21	Situbondo	Bondowoso	25/ 12/ 03	17.07	Recluse, terang
22	Paiton	Situbondo	23/ 12/ 03	10.47	Recluse, terang
23	Situbondo	Bondowoso	11/ 02/ 04	14.50	Mendung disertai angin

**Sumber:** PT. PLN (Persero) P3B Waru Area IV Jawa Bali

**Tabel 3.9.**  
**Data Indikasi Gangguan Mingguan PT. PLN (Persero) P<sub>3</sub>B UBS Waru**  
**Area IV Jawa Bali**  
**Januari 2003 – Februari 2004**

No	Dari	Ke	Tanggal	Indikasi
1	L.jang	Jember	04/ 01/ 03	Fault RST, Ground Fault Dist. PTN Autoreclose In Progress Trip Circuit Supervision
2	L.jang	Jember	04/ 01/ 03	Fault RST, Ground Fault Dist. PTN Autoreclose In Progress Trip Circuit Supervision (arah jember), Dist Ground Fault 79H (arah L.jang)
3	Jember	Ljang	30/ 01/ 03	Main Protec Dist 79H Ground Fault (arah L.jang) Dist. PTN Operated, Autoreclose in progress
4	S.bondo	B.wangi	27/ 02/ 03	
5	B.wangi	S.bondo	26/ 03/ 03	Dist. PTN Trip, Autoreclose Operated protection disturbed (arah St.bondo) Dist. Protec. Autoreclose operated disrobed (arah B.wangi)
6	Jember	Genteng	25/ 04/ 03	Main protect. Ground fault 79 (arah Genteng & Jember)
7	B.woso	Jember	17/ 05/ 03	Dist. Protect operates 79 (arah Jember & Bodowoso)
8	Jember	Genteng	24/ 05/ 03	Main protect. Ground fault 79 (arah Genteng) Main protect. Recluse (arah Jember)
9	Kr.saan	P.linggo	19/ 06/ 03	44, 79H, OSC (arah Probolinggo) 44GT, 79H (arah Kraksaan)
10	Jember	B.wangi	20/ 06/ 03	Main protect. 79H aided trip (arah Banyuwangi) Main protect. 79H (arah Jember)
11	S.bondo	Paiton	06/ 07/ 03	Autoreclose 1 fasa (arah Sitobondo)
12	B.woso	Jember	23/ 07/ 03	Dist. Protection Trip Reclose operated protect disturbed Main protect. Dist 79H. aided Trip (arah Lumajang)
13	Jember	L.jang	03/ 07/ 03	Dist PTN Operat Autoreclose in progress trip circuit supervision (arah Jember)
14	P.linggo	L.jang	03/ 08/ 03	44sh, 79
15	L.jang	Jember	04/ 08/ 03	Main protect Dist. 79 ground fault aided dist. PTN trip (arah Jember) Ground Fault aided trip, power swing fasa R aided trip sigle autoreclos (arah lumajang)
16	Tanggul	L.jang	24/ 08/ 03	Aided Trip Dist. 79 ground fault aided dist. PTN trip (arah Jember) Ground fault aided trip, power swing fasa r aided trip single autoreclose (arah lumajang)
17	B.wangi	S.bondo	17/ 09/ 03	Dist. Protect trip autoreclose protect dist. (arah St.bondo & B.Wangi)
18	Paiton	S.bondo	27/ 10/ 03	Main protect. Trip. Autoreclose
19	B.wangi	S.bondo	05/ 11/ 03	Dist. Protect trip autoreclose protect dist. (arah St.bondo & B.Wangi)
20	P.linggo	L.jang	11/ 11/ 03	TPAR, PTN zone 1,2,3 (arah Lumajang) Fasa RST zone 1 (arah Probolinggo)
21	S.bondo	B.woso	25/ 12/ 03	Dist. Protec. operated 79H (arah B.Woso) Dist. Protec. operated 79H (arah St. Bondo)
22	Paiton	S.bondo	23/ 12/ 03	Main protect. Trip. Autoreclose (arah St.Bondo) 44 fasa C 79 (arah Paiton) MPO 79H (arah Paiton)
23	S.bondo	B.woso	11/ 02/ 04	Main operated protection distribud (arah St.Bondo & B.Woso)

Sumber: PT. PLN (Persero) P<sub>3</sub>B UBS Waru Area IV Jawa Bali

## **BAB IV**

### **PEMBAHASAN MASALAH**

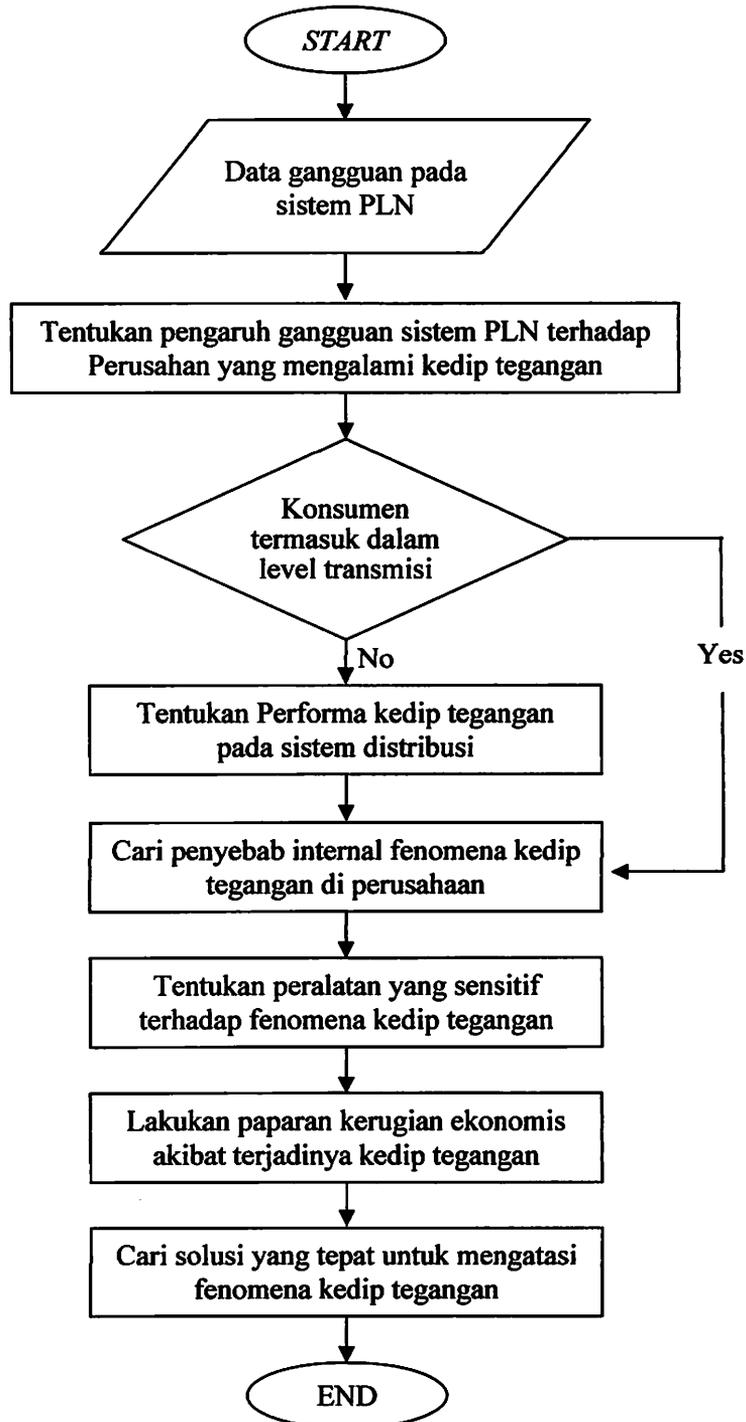
#### **4.1. Metode Analisa Data**

Sebelum melakukan analisa data berupa data teknis penyebab terjadinya fenomena *voltage sags (dips)*, baik dari sisi eksternal perusahaan, dalam hal ini akibat terjadinya penyebab internal PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo meliputi *setting relay*, kondisi peralatan, instalasi jaringan, dan lain-lain. Kita harus mengupayakan dalam menganalisa nantinya dapat dilakukan secara sistematis, sehingga kita perlu terlebih dahulu membuat diagram alur pemikiran kita, seperti dijelaskan pada *flowchart* dibawa ini.

Dalam melakukan analisa data, kita akan memanfaatkan bantuan *software* guna mengetahui seberapa besarkah pengaruh gangguan PLN pada bus/saluran di tempat lain (selain saluran yang ke arah PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo), karena ketika terjadi gangguan hubung singkat baik satu fasa, maupun tiga fasa pada bus lain, akan menyebabkan terjadinya penurunan tegangan pada PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo. Selain mencari pengaruh gangguan pada saluran/bus PLN, kita juga dapat melakukan penelusuran penyebab gangguan dari faktor *internal*, seperti kenaikan beban yang tiba-tiba, *setting drive* dan peralatan.

Setelah memperoleh hasil analisa tentang pengaruh gangguan pada saluran/bus PT. PLN (Persero), dan penyebab *internal*, selanjutnya kita dapat menentukan jenis peralatan yang meliputi motor dan *drive* sensitif terhadap fenomena penurunan *level* tegangan, sekaligus memaparkan dampak kerugiannya

terhadap operasional industri di PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo. Terakhir, solusi yang paling tepat haruslah sesuai dengan kondisi lapangan.



**Gambar 4.1.**  
**Flowchat Analisa Teknis Dan Tampak Terjadinya Voltage Dips**



#### 4.2. Analisa gangguan PLN

Pada saat melakukan analisa gangguan PLN ini, data yang kita perlukan antara lain data gangguan mingguan pada Sistem Transmisi dan Gardu Induk PT. PLN (Persero) yang mensuplai daya pada PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo yang biasanya berupa *record data* dan performa gangguan tegangan yang diperoleh dari *Digital Fault Recorder* (DFR). Namun berhubung tidak terdapat DFR, maka kita akan melakukan analisa teknis terhadap gangguan yang terjadi pada bus lain (yang tidak menuju langsung ke PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo). Dari data gangguan mingguan yang diperoleh berdasarkan data operasional PT. PLN (Persero) P<sub>3</sub>B UBS Waru Area IV Jawa Bali, kita dapat melakukan analisa gangguan hubung singkat pada setiap saat yang tercatat dalam data gangguan tersebut, sehingga seberapa besar *level drop* tegangan yang terjadi PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo pada saat itu dapat kita ketahui.

Dalam melakukan analisa hubung singkat, kita harus memasukkan besarnya nilai impedansi, kapasitas saluran dan pembangkit, *level* arus, dan *level* tegangan, yang ada. Untuk itu langkah yang harus dilakukan adalah menentukan *base sistem* impedansi, tegangan dan dayanya.

Diambil *base* untuk daya 3 $\phi$  adalah 400 MVA, dan untuk tegangan  $V_{LL}$  adalah 150 kV, sehingga untuk mendapatkan *base sistem* arus digunakan persamaan (2.2), yakni:

$$\begin{aligned} \text{Arus dasar, } A &= \frac{\text{kVA}_{3\phi} \text{ dasar}}{\sqrt{3} \times \text{tegangan dasar, kV}_{LL}} \\ \text{Arus dasar, } A &= \frac{400.000 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 150 \text{ kV}} \\ &= 1539,6 \text{ Ampere} \end{aligned}$$

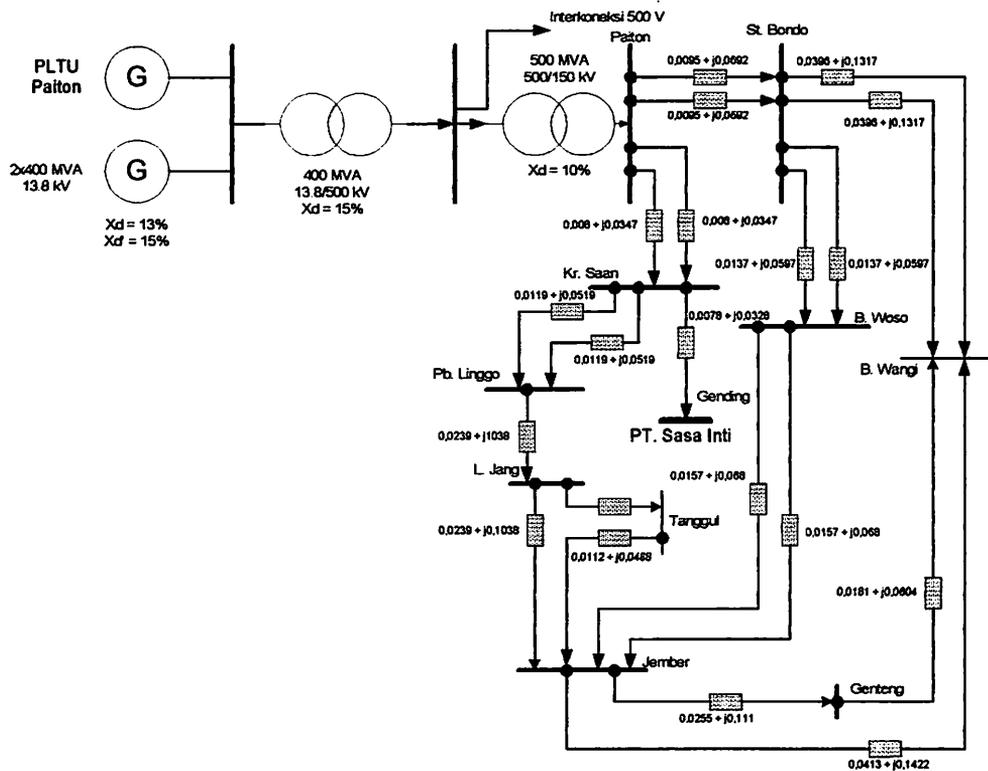
Dan dari persamaan (2.4), maka besarnya impedansi dasar:

$$\begin{aligned} \text{Impedansi dasar} &= \frac{(\text{tegangan dasar, } kV_{LL})^2 \times 1000}{kVA_{3\phi} \text{ dasar}} \\ \text{Impedansi dasar} &= \frac{(\text{tegangan dasar, } kV_{LL})^2}{MVA_{3\phi} \text{ dasar}} \\ &= \frac{(150kV)^2}{400MVA} \\ &= 56,25 \Omega \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan (2.2) tentang formula pencarian arus dasar (*base*), diperoleh besarnya mencapai **1539,6 Ampere**, sedangkan dari persamaan (2.4), diperoleh besarnya impedansi dasar dari sistem, yakni mencapai **56,25  $\Omega$** .

Untuk mencari nilai arus, tegangan, kapasitas daya tersalur, impedansi saluran dan peralatan yang sesungguhnya, dapat digunakan persamaan (2.1), sehingga pada akhirnya nanti nilai besaran yang diperoleh tidak lagi dalam bentuk per-unit, melainkan sesuai dengan satuannya masing-masing sesuai dengan standart Internasional.

Berikut ini disajikan *single line* diagram SUTT 150 kV dari PLTU- I Paiton yang memasok daya listrik ke arah PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo.



**Gambar 4.2**  
**Single Line Diagram SUTT Sekitar PT. SASA INTI Gending-Probolinggo**

Untuk mencari  $X_d''$  generator yang baru, bisa menggunakan persamaan (2.5), yakni:

$$Z(p.u)_{new} = Z(p.u)_{old} \times \left[ \frac{kV_{old}}{kV_{new}} \right]^2 \times \left[ \frac{MVA_{new}}{MVA_{old}} \right]$$

$$\begin{aligned} Z(p.u)_{new} &= 13\% \times \left[ \frac{13,8}{150} \right]^2 \times \left[ \frac{400}{400} \right] \\ &= 1.10032 \times 10^{-3} p.u \end{aligned}$$

Berhubung generator yang terlibat dalam hal ini adalah 2 buah, maka hasil paralel kedua tersebut adalah  $5.5016 \times 10^{-4} p.u$ .

Untuk mencari  $X_d'$  trafo unit yang baru, juga dapat menggunakan persamaan (2.5), yakni:

$$Z(p.u)_{new} = Z(p.u)_{old} \times \left[ \frac{kV_{old}}{kV_{new}} \right]^2 \times \left[ \frac{MVA_{new}}{MVA_{old}} \right]$$

$$\begin{aligned} Z(p.u)_{new} &= 15\% \times \left[ \frac{13,8}{150} \right]^2 \times \left[ \frac{400}{400} \right] \\ &= 1.2696 \times 10^{-3} p.u \end{aligned}$$

Demikian halnya untuk mencari  $X_d'$  trafo *step down* yang baru juga dapat menggunakan persamaan (2.5), yakni:

$$Z(p.u)_{new} = Z(p.u)_{old} \times \left[ \frac{kV_{old}}{kV_{new}} \right]^2 \times \left[ \frac{MVA_{new}}{MVA_{old}} \right]$$

$$\begin{aligned} Z(p.u)_{new} &= 10\% \times \left[ \frac{13,8}{150} \right]^2 \times \left[ \frac{400}{400} \right] \\ &= 0.8889 p.u \end{aligned}$$

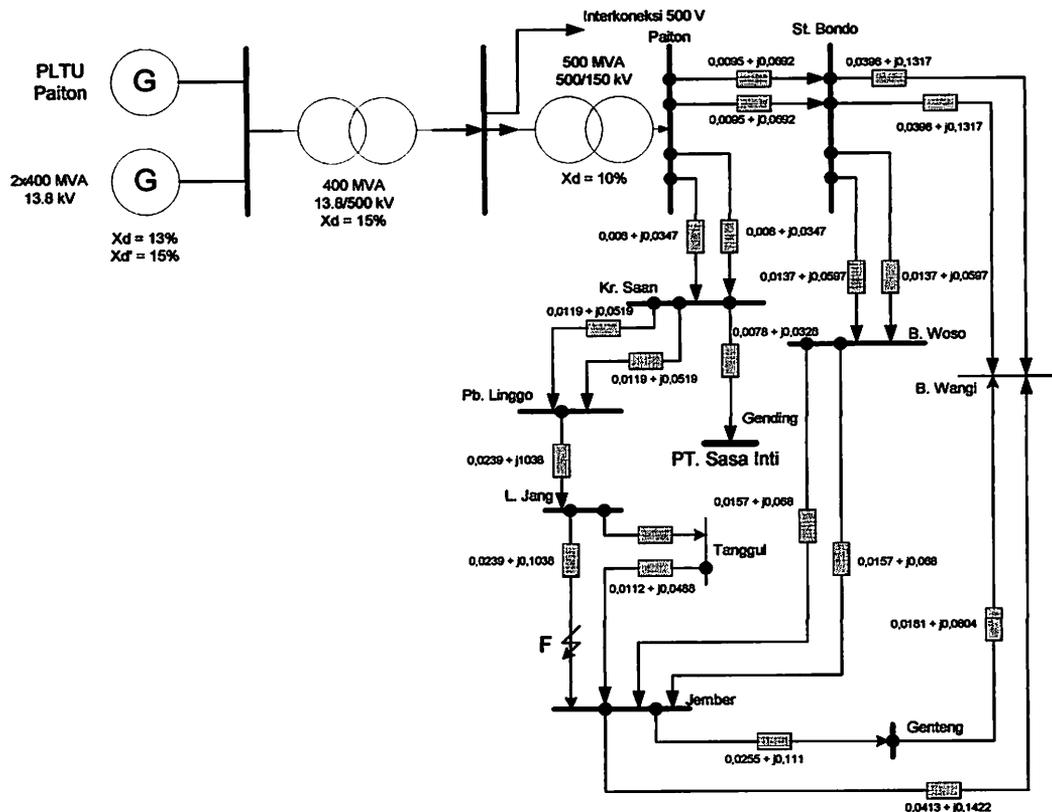
Berdasarkan tabel 3.8. tentang data gangguan mingguan PT.PLN (Persero) P<sub>3</sub>B UBS Waru Area IV Jawa Bali Januari 2003 s/d Februari 2004, terdapat beberapa kasus gangguan hubung singkat yang jika di kelompokkan berdasarkan lokasi gangguannya, maka ada 10 kasus menonjol, yakni:

**Tabel 4.1.**  
**Pengelompokan Kasus Gangguan Berdasarkan Lokasi Gangguannya**

Kasus	Saluran	Gangguan
1	Lumajang-Jember	3Φ-G
2	Situbondo-Banyuwangi	3Φ-G
3	Jember-Genteng	3Φ-G
4	Bodowoso-Jember	3Φ-G
5	Kraksaan-Probolinggo	3Φ-G
6	Jember-Banyuwangi	3Φ-G
7	Situbondo-Paiton	3Φ-G
8	Probolinggo-Lumajang	3Φ-G
9	Tanggul-Lumajang	3Φ-G
10	Situbondo-Bondowoso	3Φ-G

Pada saat melakukan analisa gangguan hubung singkat, kita asumsikan bahwa impedansi urutan positif, urutan negatif dan urutan nolnya adalah sama.

### Kasus 1: Gangguan pada SUTT Lumajang-Jember



**Gambar 4.3.**  
**Gangguan Hubung Singkat Terjadi Pada Saluran Lumajang-Jember**

Data Jaringan :

Jumlah Bus : 13

Mva Dasar : 400.0 MVA

kV Dasar : 150 kV

Gangguan hubung singkat 3 $\Phi$ -G Terjadi pada tanggal:

- 4 Januari 2003 pukul 19.33 BBWI, Cuaca mendung disertai petir.
- 4 Januari 2003 pukul 19.58 BBWI, Cuaca mendung disertai petir.

Hasil analisa dengan menggunakan *software ETAP PowerStation* adalah:

**Tabel 4.2.**  
**Hasil Simulasi Hubung Singkat 3 $\Phi$ -G Pada Bus Lumajang**

Contribution		3-Phase Fault		Line-To-Ground Fault				Positive & Zero Sequence Impedances				
From Bus ID	To Bus ID	% V From Bus	kA Symm. rms	% Voltage at From Bus			kA Symm. rms	% Impedance on 100 MVA base				
				Va	Vb	Vc	Ia	3I0	R1	X1	R0	X0
Lumajang	Total	0.00	6.369	0.00	90.56	90.44	8.041	8.041	1.43E-001	5.88E+000	4.01E-002	2.00E+000
Probolinggo	Lumajang	0.00	3.162	0.01	87.86	87.74	3.992	3.992	3.98E-001	1.18E+001	1.18E-001	4.03E+000
Tanggul	Lumajang	0.00	1.604	0.00	89.34	89.22	2.025	2.025	3.56E-001	2.34E+001	8.70E-002	7.94E+000
Jember	Lumajang	0.00	1.604	0.00	90.01	89.89	2.025	2.025	3.56E-001	2.34E+001	8.70E-002	7.94E+000
Kraksaan	Probolinggo	0.01	3.162	0.01	88.15	88.03	3.992	3.992	3.98E-001	1.18E+001	1.18E-001	4.03E+000
Jember	Tanggul	0.00	1.604	0.00	90.01	89.89	2.025	2.025	3.56E-001	2.34E+001	8.69E-002	7.94E+000
Genteng	Jember	0.00	0.446	0.00	86.99	86.87	0.563	0.563	2.81E+000	8.40E+001	8.33E-001	2.86E+001
Bondowoso	Jember	0.00	2.230	0.00	89.28	89.16	2.815	2.815	1.30E-002	1.68E+001	2.91E-002	5.71E+000
Banyuwangi	Jember	0.00	0.533	0.00	90.75	90.63	0.673	0.673	4.71E+000	7.02E+001	1.50E+000	2.39E+001
Paiton	Kraksaan	0.01	3.162	0.01	88.15	88.03	3.992	3.992	3.97E-001	1.18E+001	1.18E-001	4.03E+000
Lumajang	Kraksaan	0.01	0.000	0.01	87.86	87.74	0.000	0.000				
Banyuwangi	Genteng	0.00	0.446	0.00	90.75	90.63	0.563	0.563	2.81E+000	8.40E+001	8.33E-001	2.86E+001
Bondowoso	Bondowoso	0.00	2.230	0.01	87.86	87.74	2.815	2.815	1.30E-002	1.68E+001	2.91E-002	5.71E+000
Bondowoso	Banyuwangi	0.00	0.979	0.01	87.86	87.74	1.235	1.235	1.98E+000	3.82E+001	6.17E-001	1.30E+001
Bondowoso	Paiton	0.00	3.207	0.01	87.86	87.74	4.049	4.049	1.78E-001	1.17E+001	4.33E-002	3.97E+000
Bus_02	Paiton	33.10	6.369	61.33	98.81	61.16	8.041	8.041	1.43E-001	5.88E+000	4.00E-002	2.00E+000
Bus_01	Bus_02	74.46	1.911	76.61	93.86	93.65	1.393	0.000	3.02E+000	3.02E+000		
Bus_1	Bus_01	97.33	34.612	97.33	97.33	97.33	29.133	0.000	1.06E-001	2.76E+000	1.06E-001	3.19E+000
Bus_2	Bus_01	97.33	34.612	97.33	97.33	97.33	29.133	0.000	1.06E-001	2.76E+000	1.06E-001	3.19E+000

Indicates fault current contribution is from three-winding transformers

Indicates a zero sequence fault current contribution (3I0) from a grounded Delta-Y transformer

Project:  
Location:  
Contract:  
Engineer:  
Filename: Heru

ETAP PowerStation  
4.0.0C  
Study Case: SC

Page:  
Date: 03-01-2005  
SN: KLGCONSULT  
Revision: Base  
Config: Normal

Result at bus: Lumajang

Nominal kV = 146.000  
Base kV = 150.000

Prefault Voltage = 100.00 % of nominal bus kV  
= 97.33 % of base kV

Sedangkan hasil analisa untuk tegangan gangguan hubung singkat 3 $\Phi$ -G pada bus Jember adalah:

**Tabel 4.3.**  
**Hasil Simulasi Hubung Singkat 3 $\Phi$ -G Pada Bus Jember**

Project:	<b>ETAP PowerStation</b>	Page:
Location:	<b>4.0.0C</b>	Date: 03-01-2005
Contract:		SN: KLGCONSULT
Engineer:	Study Case: <b>SC</b>	Revision: Base
Filename: Heru		Config.: Normal

### SHORT-CIRCUIT REPORT

Fault at bus: **Jember**

Nominal kV = 146.900  
Base kV = 150.000

Prefault Voltage = 100.00 % of nominal bus kV  
= 97.93 % 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	% Impedance on 100 MVA base				
					Va	Vb	Vc	Ia	I3I0	R1	X1	R0	X0
Jember	Total		0.00	6.408	0.00	90.56	90.44	8.090	8.090	1.43E-001	5.88E+000	4.01E-002	2.00E+000
Genteng	Jember		0.00	0.625	0.00	87.52	87.40	0.789	0.789	2.02E+000	6.03E+001	5.98E-001	2.05E+001
Tanggul	Jember		0.00	0.957	0.00	89.89	89.77	1.208	1.208	1.80E+000	3.94E+001	5.55E-001	1.34E+001
Bondowoso	Jember		0.00	3.125	0.00	89.83	89.71	3.945	3.945	9.68E-003	1.21E+001	2.10E-002	4.10E+000
Lumajang	Jember		0.00	0.957	0.00	91.12	91.00	1.208	1.208	1.80E+000	3.94E+001	5.55E-001	1.34E+001
Banyuwangi	Jember		0.00	0.747	0.00	91.31	91.18	0.943	0.943	3.38E+000	5.04E+001	1.08E+000	1.71E+001
Banyuwangi	Genteng		0.00	0.625	0.00	91.31	91.18	0.789	0.789	2.02E+000	6.03E+001	5.98E-001	2.05E+001
Lumajang	Tanggul		0.00	0.957	0.00	91.12	91.00	1.208	1.208	1.80E+000	3.94E+001	5.55E-001	1.34E+001
Situbondo	Bondowoso		0.00	3.125	0.00	88.40	88.28	3.945	3.945	9.72E-003	1.21E+001	2.10E-002	4.10E+000
Probolinggo	Lumajang		0.00	1.914	0.01	88.40	88.28	2.416	2.416	9.01E-001	1.97E+001	2.77E-001	6.69E+000
Situbondo	Banyuwangi		0.00	1.371	0.00	88.40	88.28	1.731	1.731	1.42E+000	2.74E+001	4.43E-001	9.34E+000
Paiton	Situbondo		0.01	4.495	0.01	88.69	88.57	5.675	5.675	1.28E-001	8.38E+000	3.10E-002	2.85E+000
Kraksaan	Probolinggo		0.00	1.914	0.01	88.69	88.57	2.416	2.416	9.01E-001	1.97E+001	2.77E-001	6.69E+000
Kraksaan	Paiton		0.00	1.914	0.01	88.69	88.57	2.416	2.416	9.01E-001	1.97E+001	2.77E-001	6.69E+000
Bus_02	Paiton		33.30	6.408	61.71	99.42	61.53	8.090	8.090	1.43E-001	5.88E+000	4.00E-002	2.00E+000
<b>Gending</b>	<b>Kraksaan</b>		<b>0.00</b>	<b>0.000</b>	<b>0.01</b>	<b>88.40</b>	<b>88.28</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>				
Bus_01	Bus_02		74.92	1.922	77.08	94.44	94.23	1.401	0.000	3.02E+000	3.02E+000		
Bus_1	Bus_01		97.93	34.826	97.93	97.93	97.93	29.313	0.000	1.06E-001	2.76E+000	1.06E-001	3.19E+000
Bus_2	Bus_01		97.93	34.826	97.93	97.93	97.93	29.313	0.000	1.06E-001	2.76E+000	1.06E-001	3.19E+000

Indicates fault current contribution is from three-winding transformers

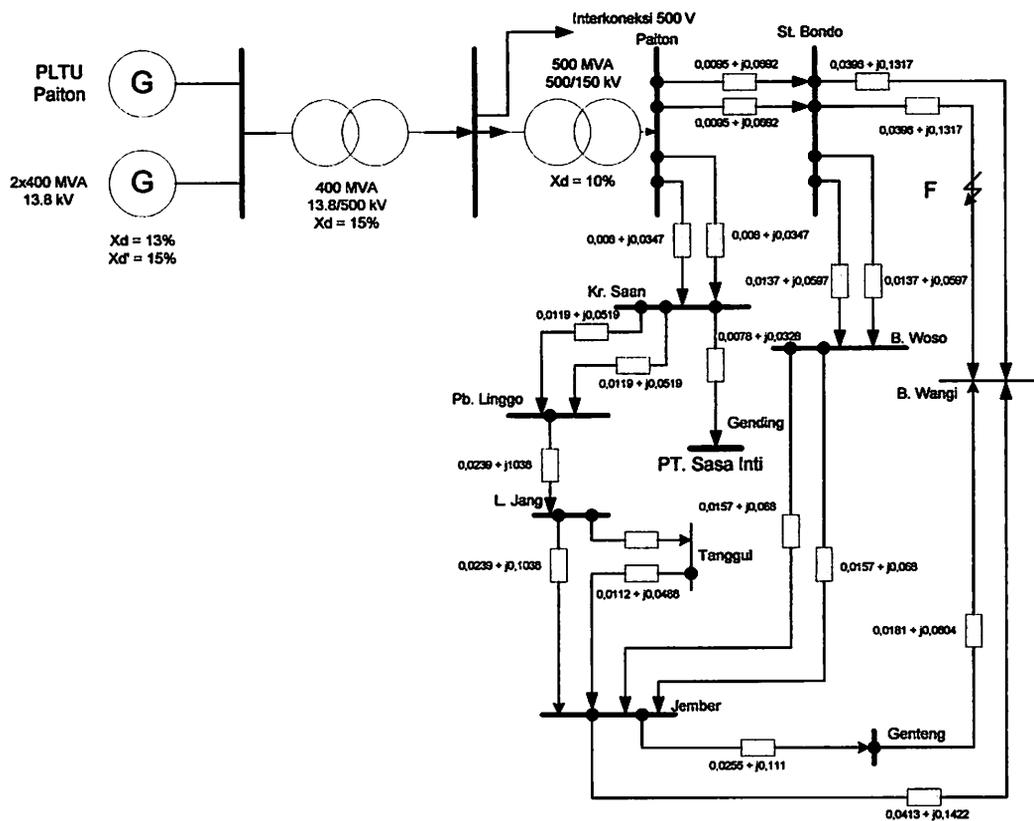
Indicates a zero sequence fault current contribution (3I0) from a grounded Delta-Y transformer

Dari kedua hasil analisa untuk kasus 1 hubung singkat 3 $\Phi$ -G, jika gangguan berasal dari bus Lumajang, maka drop tegangan yang terjadi pada bus Gending adalah **87.86%** sehingga nilai drop tegangan sebesar 18.28 kV dengan demikian tegangan pada bus Gending sebesar 132.22, sedangkan jika gangguan tersebut berasal dari bus Jember, maka drop tegangan yang terjadi pada bus Gending adalah **88.40%** sehingga nilai drop tegangan sebesar 17.46 kV dengan demikian tegangan pada bus Gending sebesar 133.04 kV.

## Kasus 2: Gangguan pada SUTT Situbondo-Banyuwangi

Gangguan hubung singkat 3 $\Phi$ -G terjadi pada tanggal:

- 27 Februari 2003 jam 14.28 BBWI, cuaca mendung.
- 26 Maret 2003 jam 13.21 BBWI, cuaca terang.
- 17 September 2003 jam 14.43 BBWI, Reclose cuaca terang.
- 5 Nopember 2003 jam 10.34 BBWI, Reclose cuaca terang.



**Gambar 4.4.**  
Gangguan Hubung Singkat Terjadi Pada Saluran Situbondo-Banyuwangi



**Tabel 4.4.**  
**Hasil Simulasi Hubung Singkat 3Φ-G Pada Bus Situbondo**

Project:  
Location:  
Contract:  
Engineer:  
Filename: Heru

**ETAP PowerStation**  
**4.0.0C**

Study Case: SC

Page: 1  
Date: 03-01-2005  
SN: KLGCONSULT  
Revision: Base  
Config.: Normal

**SHORT- CIRCUIT REPORT**

fault at bus: **Situbondo**

Nominal kV = 150.500  
Base kV = 150.000

Prefault Voltage = 100.00 % of nominal bus kV  
= 100.33 % of base kV

Contribution		3-Phase Fault		Line-To-Ground Fault					Positive & Zero Sequence Impedances			
From Bus ID	To Bus ID	% V	kA	% Voltage at From Bus			kA Symm. rms		Looking into "From Bus"			
		From Bus	Symm. rms	Va	Vb	Vc	Ia	I3I0	% Impedance on 100 MVA base			
									R1	X1	R0	X0
Situbondo	Total	0.00	6.565	0.00	90.56	90.44	8.289	8.289	1.43E-001	5.88E+000	4.00E-002	2.00E+000
Paiton	Situbondo	0.00	5.717	0.00	90.87	90.74	7.218	7.218	8.19E-002	6.75E+000	1.79E-002	2.30E+000
Bondowoso	Situbondo	0.00	0.592	0.00	92.03	91.90	0.748	0.748	5.89E+000	6.50E+001	1.91E+000	2.21E+001
Banyuwangi	Situbondo	0.00	0.260	0.00	93.55	93.42	0.328	0.328	2.12E+001	1.47E+002	6.98E+000	5.01E+001
Kraksaan	Paiton	0.00	0.852	0.00	90.87	90.74	1.075	1.075	4.82E+000	4.51E+001	1.57E+000	1.53E+001
Bus_02	Paiton	34.12	6.565	63.22	101.86	63.04	8.289	8.289	1.43E-001	5.88E+000	4.00E-002	2.00E+000
Jember	Bondowoso	0.00	0.592	0.00	92.78	92.66	0.748	0.748	5.89E+000	6.50E+001	1.91E+000	2.21E+001
Tanggul	Banyuwangi	0.00	0.118	0.00	89.67	89.55	0.150	0.150	4.05E+001	3.24E+002	1.33E+001	1.10E+002
Jember	Banyuwangi	0.00	0.141	0.00	92.78	92.66	0.179	0.179	4.30E+001	2.70E+002	1.42E+001	9.17E+001
Probolinggo	<b>Kraksaan</b>	<b>0.00</b>	<b>0.000</b>	<b>0.00</b>	<b>90.56</b>	<b>90.44</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>				
Bus_01	Kraksaan	0.00	0.852	0.00	90.56	90.44	1.075	1.075	4.82E+000	4.51E+001	1.57E+000	1.53E+001
Bus_01	Bus_02	76.76	1.970	78.97	96.75	96.54	1.436	0.000	3.02E+000	3.02E+000		
Tanggul	Jember	0.00	0.118	0.00	89.67	89.55	0.150	0.150	4.05E+001	3.24E+002	1.33E+001	1.10E+002
Tanggul	Jember	0.00	0.426	0.00	92.09	91.97	0.538	0.538	9.63E+000	9.02E+001	3.14E+000	3.07E+001
Umajang	Jember	0.00	0.426	0.00	93.35	93.23	0.538	0.538	9.63E+000	9.02E+001	3.14E+000	3.07E+001
Umajang	Probolinggo	0.00	0.852	0.00	93.35	93.23	1.075	1.075	4.82E+000	4.51E+001	1.57E+000	1.53E+001
Bus_1	Bus_01	100.33	35.681	100.33	100.33	100.33	30.032	0.000	1.06E-001	2.76E+000	1.06E-001	3.19E+000
Bus_2	Bus_01	100.33	35.681	100.33	100.33	100.33	30.032	0.000	1.06E-001	2.76E+000	1.06E-001	3.19E+000
Umajang	Tanggul	0.00	0.426	0.00	93.35	93.23	0.538	0.538	9.63E+000	9.02E+001	3.14E+000	3.07E+001

Indicates fault current contribution is from three-winding transformers

Indicates a zero sequence fault current contribution (I3I0) from a grounded Delta-Y transformer

**Tabel 4.5.**  
**Hasil Simulasi Hubung Singkat 3Φ-G Pada Bus Banyuwangi**

Project: ETAP PowerStation	Page: 1
Location: 4.0.0C	Date: 03-01-2005
Contract:	SN: KLGCONSULT
Engineer:	Revision: Base
Filename: Heru	Config.: Normal
	Study Case: SC

SHORT- CIRCUIT REPORT

Fault at bus: **Banyuwangi**

Nominal kV = 145.700  
Base kV = 150.000

Prefault Voltage = 100.00 % of nominal bus kV  
= 97.13 % of base kV

Contribution		3-Phase Fault		Line-To-Ground Fault				Positive & Zero Sequence Impedances				
From Bus ID	To Bus ID	% V	kA	% Voltage at From Bus			kA Symm. rms	Looking into "From Bus"				
		From Bus	Symm.	Va	Vb	Vc	Ia	I3I0	% Impedance on 100 MVA base			
			rms						R1	X1	R0	X0
Banyuwangi	Total	0.00	6.356	0.00	90.56	90.44	8.024	8.024	1.43E-001	5.88E+000	4.01E-002	2.00E+000
Situbondo	Banyuwangi	0.00	3.921	0.00	87.68	87.56	4.950	4.950	3.05E-001	9.53E+000	8.98E-002	3.24E+000
Genteng	Banyuwangi	0.00	1.110	0.00	86.81	86.69	1.401	1.401	2.10E-001	3.37E+001	1.21E-001	1.15E+001
Jember	Banyuwangi	0.00	1.326	0.00	89.82	89.70	1.674	1.674	7.70E-001	2.82E+001	2.21E-001	9.59E+000
Paiton	Situbondo	0.01	5.039	0.01	87.97	87.85	6.362	6.362	1.09E-001	7.42E+000	2.61E-002	2.52E+000
Situbondo	Situbondo	0.00	1.121	0.00	89.10	88.97	1.415	1.415	1.53E+000	3.33E+001	5.69E-001	1.13E+001
Situbondo	Genteng	0.00	1.110	0.00	89.82	89.70	1.401	1.401	2.10E-001	3.37E+001	1.21E-001	1.15E+001
Tanggul	Jember	0.00	0.659	0.00	89.16	89.03	0.832	0.832	3.47E+000	5.66E+001	1.10E+000	1.93E+001
Situbondo	Jember	0.00	1.121	0.00	89.10	88.97	1.415	1.415	1.53E+000	3.33E+001	5.69E-001	1.13E+001
Jember	Jember	0.00	0.659	0.01	90.38	90.25	0.832	0.832	3.47E+000	5.66E+001	1.10E+000	1.93E+001
Jember	Paiton	0.01	1.318	0.01	87.97	87.85	1.664	1.664	1.74E+000	2.83E+001	5.49E-001	9.63E+000
Kraksaan	Paiton	33.03	6.356	61.20	98.61	61.03	8.024	8.024	1.43E-001	5.88E+000	4.00E-002	2.00E+000
Bus_02	Tanggul	0.00	0.659	0.01	90.38	90.25	0.832	0.832	3.47E+000	5.66E+001	1.10E+000	1.93E+001
Jember	Lumajang	0.01	1.318	0.01	87.68	87.56	1.664	1.664	1.74E+000	2.83E+001	5.49E-001	9.63E+000
Bus_01	<b>Gending</b>	<b>0.01</b>	<b>0.000</b>	<b>0.01</b>	<b>87.68</b>	<b>87.56</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>				
Bus_01	Kraksaan	0.01	1.318	0.01	87.68	87.56	1.664	1.664	1.74E+000	2.83E+001	5.49E-001	9.63E+000
Bus_01	Bus_02	74.31	1.907	76.45	93.67	93.46	1.390	0.000	3.02E+000	3.02E+000		
Bus_01	Bus_01	97.13	34.541	97.13	97.13	97.13	29.073	0.000	1.06E-001	2.76E+000	1.06E-001	3.19E+000
Bus_01	Bus_01	97.13	34.541	97.13	97.13	97.13	29.073	0.000	1.06E-001	2.76E+000	1.06E-001	3.19E+000

Indicates fault current contribution is from three-winding transformers

Indicates a zero sequence fault current contribution (3I0) from a grounded Delta-Y transformer

Sedangkan hasil analisa untuk gangguan hubung singkat 3Φ-G pada bus Banyuwangi adalah:

Dari kedua hasil analisa untuk kasus 2 hubung singkat 3Φ-G, jika gangguan berasal dari bus Situbondo, maka drop tegangan yang terjadi pada bus Gending adalah **90.56%** sehingga nilai drop tegangan sebesar 14.21 kV dengan demikian tegangan pada bus Gending sebesar 136.29 kV, sedangkan jika gangguan tersebut berasal dari Banyuwangi, maka drop tegangan terjadi pada bus Gending adalah **87.68%** sehingga nilai drop tegangan sebesar 18.55 kV dengan demikian tegangan pada bus Gending sebesar 131.96 kV.



**Tabel 4.6.**  
**Hasil Simulasi Hubung Singkat 3Φ-G Pada Bus Genteng**

Project: ETAP PowerStation  
 Location: 4.0.0C  
 Contract:  
 Engineer:  
 Filename: Heru

Page: 1  
 Date: 03-01-2005  
 SN: KLGCONSULT  
 Revision: Base  
 Config.: Normal

Study Case: SC

**SHORT-CIRCUIT REPORT**

Fault at bus: **Genteng**

Nominal kV = 152.000  
 Base kV = 150.000

Prefault Voltage = 100.00 % of nominal bus kV  
 = 101.33 % of base kV

Contribution		3-Phase Fault		Line-To-Ground Fault					Positive & Zero Sequence Impedances			
From Bus ID	To Bus ID	% V	kA	% Voltage at From Bus			kA Symm. rms		Looking into "From Bus"			
		From Bus	Symm.	Va	Vb	Vc	Ia	I3I0	% Impedance on 100 MVA base			
									R1	X1	R0	X0
	Total	0.00	6.630	0.00	90.56	90.44	8.371	8.371	1.43E-001	5.88E+000	4.01E-002	2.00E+000
Banyuwangi	Genteng	0.00	3.755	0.00	94.48	94.35	4.740	4.740	5.22E-001	1.04E+001	1.62E-001	3.53E+000
Jember	Genteng	0.00	2.879	0.01	93.71	93.58	3.634	3.634	1.28E-001	1.35E+001	6.33E-002	4.61E+000
Situbondo	Banyuwangi	0.01	3.139	0.01	91.47	91.34	3.963	3.963	5.95E-001	1.24E+001	1.84E-001	4.22E+000
Jember	Banyuwangi	0.00	0.615	0.01	93.71	93.58	0.777	0.777	3.93E+000	6.33E+001	1.24E+000	2.15E+001
Tanggul	Jember	0.01	0.795	0.01	93.01	92.88	1.004	1.004	2.39E+000	4.90E+001	7.40E-001	1.67E+001
Sondowoso	Jember	0.01	1.906	0.01	92.95	92.82	2.406	2.406	7.13E-001	2.05E+001	2.73E-001	6.95E+000
Lumajang	Jember	0.01	0.795	0.01	94.29	94.16	1.004	1.004	2.39E+000	4.90E+001	7.40E-001	1.67E+001
Paiton	Situbondo	0.01	5.041	0.01	91.77	91.65	6.364	6.364	1.29E-001	7.74E+000	3.24E-002	2.63E+000
Sondowoso	Situbondo	0.01	1.906	0.01	92.95	92.82	2.406	2.406	7.13E-001	2.05E+001	2.73E-001	6.95E+000
Lumajang	Tanggul	0.01	0.795	0.01	94.29	94.16	1.004	1.004	2.39E+000	4.90E+001	7.40E-001	1.67E+001
Probolinggo	Lumajang	0.01	1.590	0.01	91.47	91.34	2.007	2.007	1.19E+000	2.45E+001	3.70E-001	8.33E+000
Kraksaan	Paiton	0.01	1.590	0.01	91.77	91.65	2.007	2.007	1.19E+000	2.45E+001	3.70E-001	8.33E+000
Bus_02	Paiton	34.46	6.630	63.85	102.87	63.67	8.371	8.371	1.43E-001	5.88E+000	4.00E-002	2.00E+000
Kraksaan	Probolinggo	0.01	1.590	0.01	91.77	91.65	2.007	2.007	1.19E+000	2.45E+001	3.70E-001	8.33E+000
<b>Gending</b>	<b>Kraksaan</b>	<b>0.01</b>	<b>0.000</b>	<b>0.01</b>	<b>91.47</b>	<b>91.34</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>				
Bus_01	Bus_02	77.53	1.989	79.75	97.72	97.50	1.450	0.000	3.02E+000	3.02E+000		
Bus_1	Bus_01	101.33	36.034	101.33	101.33	101.33	30.329	0.000	1.06E-001	2.76E+000	1.06E-001	3.19E+000
Bus_2	Bus_01	101.33	36.034	101.33	101.33	101.33	30.329	0.000	1.06E-001	2.76E+000	1.06E-001	3.19E+000

Indicates fault current contribution is from three-winding transformers

Indicates a zero sequence fault current contribution (3I0) from a grounded Delta-Y transformer

Dari kedua hasil analisa untuk kasus 3 hubung singkat 3Φ-G, jika gangguan berasal dari bus Jember, maka drop tegangan yang terjadi pada bus Gending adalah 88.40% sehingga nilai drop tegangan sebesar 17.48 kV dengan demikian tegangan pada bus Gending sebesar 133.04 kV. Sedangkan jika gangguan tersebut berasal dari Genteng, maka drop tegangan terjadi pada bus Gending adalah 91.47%. sehingga nilai drop tegangan sebesar 12.86 kV dengan demikian tegangan pada bus Gending sebesar 137.66 kV.



**Tabel 4.7.**  
**Hasil Simulasi Hubung Singkat 3Φ-G Pada Bus Bondowoso**

Project:  
Location:  
Contract:  
Engineer:  
Filename: Heru

**ETAP PowerStation**  
**4.0.0C**  
  
Study Case: SC

Page: 1  
Date: 03-01-2005  
SN: KLGCONSULT  
Revision: Base  
Config: Normal

SHORT- CIRCUIT REPORT

Result at bus: Bondowoso

Nominal kV = 148.100  
Base kV = 150.000  
Prefault Voltage = 100.00 % of nominal bus kV  
= 98.73 % of base kV

Contribution		3-Phase Fault		Line-To-Ground Fault				Positive & Zero Sequence Impedances				
From Bus ID	To Bus ID	% V	kA	% Voltage at From Bus			kA Symm. rms	Looking into "From Bus"				
		From Bus	Symm.	Va	Vb	Vc	Ia	3I0	% Impedance on 100 MVA base			
			rms						R1	X1	R0	X0
Bondowoso	Total	0.00	6.460	0.00	90.56	90.44	8.157	8.157	1.43E-001	5.88E+000	4.00E-002	2.00E+000
Situbondo	Bondowoso	0.00	4.602	0.00	89.12	89.00	5.810	5.810	9.93E-002	8.26E+000	2.16E-002	2.81E+000
Jember	Bondowoso	0.00	1.860	0.00	91.30	91.18	2.348	2.348	1.12E+000	2.04E+001	3.51E-001	6.94E+000
Paiton	Situbondo	0.00	5.114	0.01	89.42	89.29	6.456	6.456	1.00E-001	7.43E+000	2.31E-002	2.53E+000
Banyuwangi	Situbondo	0.00	0.512	0.00	92.06	91.93	0.646	0.646	1.97E+000	7.42E+001	5.60E-001	2.52E+001
Jember	Jember	0.00	0.233	0.00	88.24	88.12	0.294	0.294	1.34E+000	1.63E+002	2.16E-001	5.54E+001
Tanggul	Jember	0.00	0.674	0.00	90.62	90.50	0.851	0.851	3.69E+000	5.63E+001	1.17E+000	1.91E+001
Lumajang	Jember	0.00	0.674	0.00	91.87	91.74	0.851	0.851	3.69E+000	5.63E+001	1.17E+000	1.91E+001
Banyuwangi	Jember	0.00	0.279	0.00	92.06	91.93	0.352	0.352	5.70E+000	1.36E+002	1.74E+000	4.64E+001
Kraksaan	Paiton	0.00	1.348	0.01	89.42	89.29	1.702	1.702	1.85E+000	2.81E+001	5.86E-001	9.57E+000
Bus_02	Paiton	33.57	6.460	62.21	100.23	62.03	8.157	8.157*	1.43E-001	5.88E+000	4.00E-002	2.00E+000
Jember	Banyuwangi	0.00	0.233	0.00	88.24	88.12	0.294	0.294	1.34E+000	1.63E+002	2.16E-001	5.54E+001
Lumajang	Tanggul	0.00	0.674	0.00	91.87	91.74	0.851	0.851	3.69E+000	5.63E+001	1.17E+000	1.91E+001
Bobolingo	Lumajang	0.00	1.348	0.00	89.12	89.00	1.702	1.702	1.85E+000	2.81E+001	5.86E-001	9.57E+000
Gending	Kraksaan	0.00	0.000	0.01	89.12	89.00	0.000	0.000	1.85E+000	2.81E+001	5.86E-001	9.57E+000
Bobolingo	Kraksaan	0.00	1.348	0.00	89.12	89.00	1.702	1.702	1.85E+000	2.81E+001	5.86E-001	9.57E+000
Bus_01	Bus_02	75.54	1.938	77.71	95.21	95.00	1.413	0.000*	3.02E+000	3.02E+000		
Bus_1	Bus_01	98.73	35.111	98.73	98.73	98.73	29.553	0.000	1.06E-001	2.76E+000	1.06E-001	3.19E+000
Bus_2	Bus_01	98.73	35.111	98.73	98.73	98.73	29.553	0.000	1.06E-001	2.76E+000	1.06E-001	3.19E+000

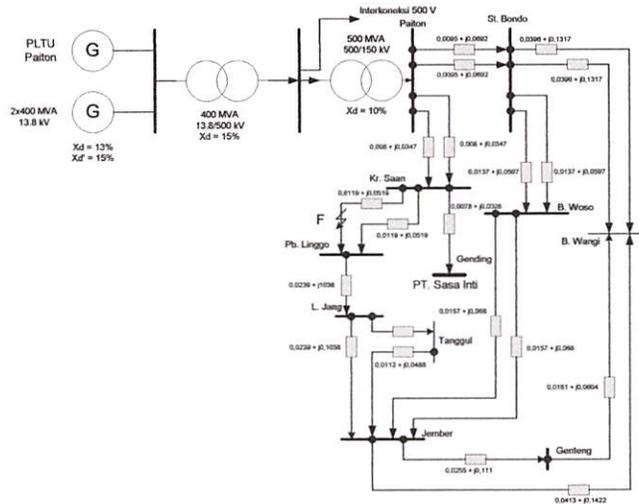
\*Indicates fault current contribution is from three-winding transformers  
\*Indicates a zero sequence fault current contribution (3I0) from a grounded Delta-Y transformer

Dari kedua hasil analisa untuk kasus 4 hubung singkat 3Φ-G, jika gangguan berasal dari bus Jember, maka drop tegangan yang terjadi pada bus Gending adalah 88.40% sehingga nilai drop tegangan sebesar 17.48 kV dengan demikian tegangan pada bus Gending sebesar 133.04 kV sedangkan jika gangguan tersebut berasal dari Bondowoso, maka drop tegangan terjadi pada bus Gending adalah 89.12%. sehingga nilai drop tegangan sebesar 16.38 kV dengan demikian tegangan pada bus Gending sebesar 134.12 kV.

**Kasus 5: Gangguan pada SUTT Kraksaan-Probolinggo**

Gangguan hubung singkat 3Φ-G terjadi pada tanggal:

- 19 Juni 2003 jam 13.20 BBWI, cuaca gerimis.



**Gambar 4.7.**  
**Gangguan Hubung Singkat Terjadi Pada Saluran Kraksaan-Probolinggo**

**Tabel 4.8.**  
**Hasil Simulasi Hubung Singkat 3Φ-G Pada Bus Kraksaan**

ETAP PowerStation  
4.0.0C

Study Case: SC

Page: 1  
Date: 03-01-2005  
SN: KLGCONSULT  
Revision: Base  
Config: Normal

SHORT-CIRCUIT REPORT

fault at bus: **Kraksaan**

nominal kV = 150.000  
base kV = 150.000

Prefault Voltage = 100.00 % of nominal bus kV  
= 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	% Voltage at From Bus Va	Vb	Vc	kA Symm. rms Ia	3I0	R1	X1	R0	X0
Kraksaan	Total	0.00	6.543	0.00	90.56	90.44	8.262	8.262	1.43E-001	5.88E+000	4.00E-002	2.00E+000
ton	Kraksaan	0.00	6.109	0.00	90.56	90.44	7.714	7.714	1.57E-001	6.30E+000	4.42E-002	2.14E+000
nding	<b>Kraksaan</b>	<b>0.00</b>	<b>0.000</b>	<b>0.00</b>	<b>90.26</b>	<b>90.14</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>				
obolinggo	Kraksaan	0.00	0.434	0.00	90.26	90.14	0.548	0.548	1.37E+000	8.87E+001	3.36E-001	3.02E+001
ubondo	Paiton	0.00	0.434	0.00	90.26	90.14	0.548	0.548	2.15E+001	6.37E+002	6.37E+000	2.17E+002
s_02	Paiton	34.00	6.543	63.01	101.52	62.83	8.262	8.262	1.43E-001	5.88E+000	4.00E-002	2.00E+000
majang	Probolinggo	0.00	0.434	0.00	93.04	92.92	0.548	0.548	1.37E+000	8.87E+001	3.36E-001	3.02E+001
ndowoso	Situbondo	0.00	0.302	0.00	91.73	91.60	0.381	0.381	6.99E-002	1.28E+002	2.12E-001	4.34E+001
nyuwangi	Situbondo	0.00	0.132	0.00	93.24	93.11	0.167	0.167	1.51E+001	2.90E+002	4.71E+000	9.87E+001
s_01	Bus_02	76.50	1.963	78.70	96.43	96.22	1.431	0.000	3.02E+000	3.02E+000		
nggul	Lumajang	0.00	0.217	0.00	91.79	91.66	0.274	0.274	2.74E+000	1.77E+002	6.72E-001	6.03E+001
nber	Lumajang	0.00	0.217	0.00	92.47	92.35	0.274	0.274	2.74E+000	1.77E+002	6.72E-001	6.03E+001
nteng	Bondowoso	0.00	0.302	0.00	92.47	92.35	0.381	0.381	6.98E-002	1.28E+002	2.12E-001	4.34E+001
nber	Banyuwangi	0.00	0.060	0.00	89.37	89.25	0.076	0.076	2.15E+001	6.37E+002	6.37E+000	2.17E+002
n_1	Banyuwangi	0.00	0.072	0.00	92.47	92.35	0.091	0.091	3.59E+001	5.33E+002	1.14E+001	1.81E+002
n_2	Bus_01	100.00	35.562	100.00	100.00	100.00	29.933	0.000	1.06E-001	2.76E+000	1.06E-001	3.19E+000
nber	Bus_01	100.00	35.562	100.00	100.00	100.00	29.933	0.000	1.06E-001	2.76E+000	1.06E-001	3.19E+000
nteng	Tanggul	0.00	0.217	0.00	92.47	92.35	0.274	0.274	2.74E+000	1.77E+002	6.72E-001	6.03E+001
	Jember	0.00	0.060	0.00	89.37	89.25	0.076	0.076	2.15E+001	6.37E+002	6.37E+000	2.17E+002

Sedangkan hasil analisa untuk gangguan hubung singkat 3Φ-G pada bus Probolinggo adalah:

**Tabel 4.9.**  
**Hasil Simulasi Hubung Singkat 3Φ-G Pada Bus Probolinggo.**

Project:	<b>ETAP PowerStation</b>	Page: <b>1</b>
Location:	<b>4.0.0C</b>	Date: <b>03-01-2005</b>
Contract:		SN: <b>KLGCONSULT</b>
Engineer:	Study Case: <b>SC</b>	Revision: <b>Base</b>
Filename: <b>Heru</b>		Config: <b>Normal</b>

SHORT-CIRCUIT REPORT

Fault at bus: **Probolinggo**

Nominal kV = 150.500  
Base kV = 150.000

Prefault Voltage = 100.00 % of nominal bus kV  
= 100.33 % 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 Va	Vb	Vc	kA Symm. rms Ia	3I0	R1	X1	R0	X0
Probolinggo	Total	0.00	6.565	0.00	90.56	90.44	8.289	8.289	1.43E-001	5.88E+000	4.00E-002	2.00E+000
Kraksaan	Probolinggo	0.00	5.479	0.00	90.87	90.74	6.917	6.917	1.85E-001	7.05E+000	5.24E-002	2.40E+000
Lumajang	Probolinggo	0.00	1.086	0.00	93.35	93.23	1.371	1.371	5.32E-001	3.55E+001	1.29E-001	1.21E+001
Paiton	Kraksaan	0.00	5.479	0.00	90.87	90.74	6.917	6.917	1.85E-001	7.05E+000	5.24E-002	2.40E+000
Gending	<b>Kraksaan</b>	<b>0.00</b>	<b>0.000</b>	<b>0.00</b>	<b>90.56</b>	<b>90.44</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>				
Tanggul	Lumajang	0.00	0.543	0.00	92.09	91.97	0.686	0.686	1.06E+000	7.11E+001	2.57E-001	2.42E+001
Jember	Lumajang	0.00	0.543	0.00	92.78	92.66	0.686	0.686	1.06E+000	7.11E+001	2.57E-001	2.42E+001
Situbondo	Paiton	0.00	1.086	0.00	90.56	90.44	1.371	1.371	5.32E-001	3.55E+001	1.29E-001	1.21E+001
Bus_02	Paiton	34.12	6.565	63.22	101.86	63.04	8.289	8.289*	1.43E-001	5.88E+000	4.00E-002	2.00E+000
Jember	Tanggul	0.00	0.543	0.00	92.78	92.66	0.686	0.686	1.06E+000	7.11E+001	2.57E-001	2.42E+001
Genteng	Jember	0.00	0.151	0.00	89.67	89.55	0.191	0.191	8.49E+000	2.56E+002	2.51E+000	8.69E+001
Bandowoso	Jember	0.00	0.755	0.00	92.03	91.90	0.953	0.953	5.36E-002	5.11E+001	9.35E-002	1.74E+001
nyuwangi	Jember	0.00	0.180	0.00	93.55	93.42	0.228	0.228	1.43E+001	2.14E+002	4.54E+000	7.26E+001
Bandowoso	Situbondo	0.00	0.755	0.00	92.03	91.90	0.953	0.953	5.37E-002	5.11E+001	9.36E-002	1.74E+001
nyuwangi	Situbondo	0.00	0.331	0.00	93.55	93.42	0.418	0.418	6.00E+000	1.16E+002	1.87E+000	3.96E+001
Bus_01	Bus_02	76.76	1.970	78.97	96.75	96.54	1.436	0.000*	3.02E+000	3.02E+000		
nyuwangi	Genteng	0.00	0.151	0.00	93.55	93.42	0.191	0.191	8.49E+000	2.56E+002	2.51E+000	8.69E+001
Bus_1	Bus_01	100.33	35.680	100.33	100.33	100.33	30.032	0.000	1.06E-001	2.76E+000	1.06E-001	3.19E+000
Bus_2	Bus_01	100.33	35.680	100.33	100.33	100.33	30.032	0.000	1.06E-001	2.76E+000	1.06E-001	3.19E+000

\* Indicates fault current contribution is from three-winding transformers  
\* Indicates a zero sequence fault current contribution (3I0) from a grounded Delta-Y transformer

Dari kedua hasil analisa untuk kasus 5 hubung singkat 3Φ-G, jika gangguan berasal dari bus Kraksaan, maka drop tegangan yang terjadi pada bus Gending adalah 90.26% sehingga nilai drop tegangan sebesar 14.66 kV dengan demikian tegangan pada bus Gending sebesar 135.84 kV sedangkan jika gangguan tersebut berasal dari Probolinggo, maka drop tegangan terjadi pada bus Gending adalah 90.56% sehingga nilai drop tegangan sebesar 14.21 kV dengan demikian tegangan pada bus Gending sebesar 136.29 kV.







Selengkapnya mengenai hasil analisa hubung singkat 3Φ-G pada bus Paiton dapat dilihat pada tabel 4.12. berikut ini:

**Tabel 4.10.**  
**Hasil Simulasi Hubung Singkat 3Φ-G Pada Bus Paiton**

Project:	<b>ETAP PowerStation</b>	Page: <b>1</b>
Location:	<b>4.0.0C</b>	Date: <b>03-01-2005</b>
Contract:		SN: <b>KLCONSULT</b>
Engineer:	Study Case: <b>SC</b>	Revision: <b>Base</b>
Filename: Heru		Config.: <b>Normal</b>

**SHORT-CIRCUIT REPORT**

Result at bus: **Paiton**

Nominal kV = 150.000  
Base kV = 150.000  
Prefault Voltage = 100.00 % of nominal bus kV  
= 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	kA	% Voltage at From Bus			kA Symm. rms		% Impedance on 100 MVA base			
		From Bus	Symm.	Va	Vb	Vc	Ia	I3I0	R1	X1	R0	X0
Paiton	Total	0.00	6.544	0.00	90.56	90.44	8.262	8.262	1.43E-001	5.88E+000	4.00E-002	2.00E+000
Situbondo	Paiton	0.00	0.000	0.00	90.26	90.14	0.000	0.000				
Kraksaan	Paiton	0.00	0.000	0.00	90.56	90.44	0.000	0.000				
S_02	Paiton	34.00	6.544	63.01	101.52	62.83	8.262	8.262*	1.43E-001	5.88E+000	4.00E-002	2.00E+000
Situbondoso	Situbondo	0.00	0.000	0.00	91.73	91.60	0.000	0.000				
Snyuwangi	Situbondo	0.00	0.000	0.00	93.24	93.11	0.000	0.000				
nding	<b>Kraksaan</b>	<b>0.00</b>	<b>0.000</b>	<b>0.00</b>	<b>90.26</b>	<b>90.14</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>				
obolinggo	Kraksaan	0.00	0.000	0.00	90.26	90.14	0.000	0.000				
s_01	Bus_02	76.50	1.963	78.70	96.43	96.22	1.431	0.000*	3.02E+000	3.02E+000		
nber	Bondowoso	0.00	0.000	0.00	92.47	92.35	0.000	0.000				
nteng	Banyuwangi	0.00	0.000	0.00	89.37	89.25	0.000	0.000				
nber	Banyuwangi	0.00	0.000	0.00	92.47	92.35	0.000	0.000				
majang	Probolinggo	0.00	0.000	0.00	93.04	92.92	0.000	0.000				
n_1	Bus_01	100.00	35.563	100.00	100.00	100.00	29.934	0.000	1.06E-001	2.76E+000	1.06E-001	3.19E+000
n_2	Bus_01	100.00	35.563	100.00	100.00	100.00	29.934	0.000	1.06E-001	2.76E+000	1.06E-001	3.19E+000
nteng	Jember	0.00	0.000	0.00	89.37	89.25	0.000	0.000				
nggul	Jember	0.00	0.000	0.00	91.79	91.66	0.000	0.000				
majang	Jember	0.00	0.000	0.00	93.04	92.92	0.000	0.000				
nggul	Lumajang	0.00	0.000	0.00	91.79	91.66	0.000	0.000				

\*Indicates fault current contribution is from three-winding transformers  
\*Indicates a zero sequence fault current contribution (3I0) from a grounded Delta-Y transformer

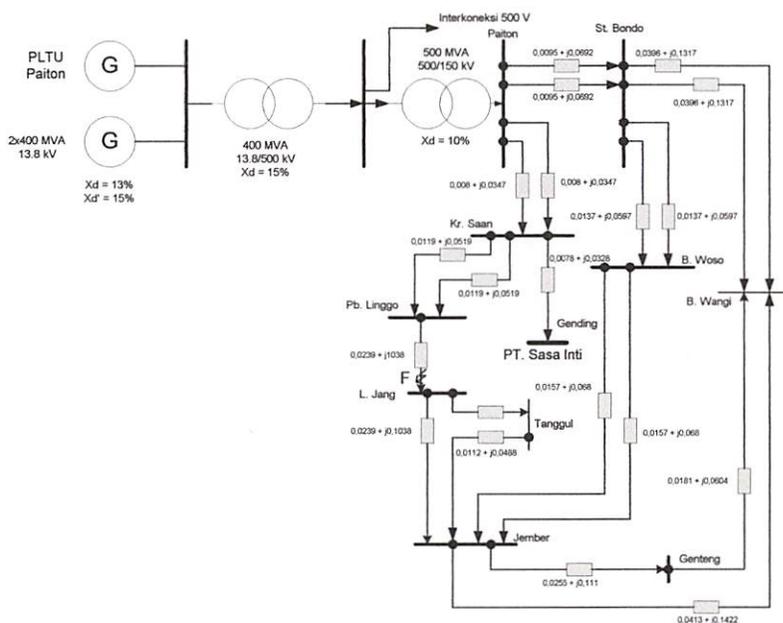
**Kasus 8: Gangguan pada SUTT Probolinggo-Lumajang.**

Gangguan hubung singkat 3Φ-G terjadi pada tanggal:

- 3 Agustus 2003 jam 16.49 BBWI.
- 11 Nopember 2003 jam 23.46 BBWI, Reclose, cuaca hujan lebat.

Hasil analisa 3Φ-G pada bus Probolinggo dapat di lihat pada tabel 4.8, sedangkan hasil analisa untuk gangguan hubung singkat 3Φ-G bus Lumajang dapat dilihat pada tabel 4.1. dari hasil analisa untuk kasus 8 hubung singkat 3Φ-G,

jika gangguan berasal dari bus Probolinggo, maka drop tegangan yang terjadi pada bus Gending 90.56% sehingga nilai drop tegangan sebesar 14.21 kV dengan demikian tegangan pada bus Gending sebesar 136.29 kV sedangkan jika gangguan tersebut berasal dari bus Lumajang maka drop tegangan yang terjadi pada bus Gending adalah 87.86% sehingga nilai drop tegangan sebesar 18.25 kV dengan demikian tegangan pada bus Gending sebesar 132.22 kV.



**Gambar 4.10.**

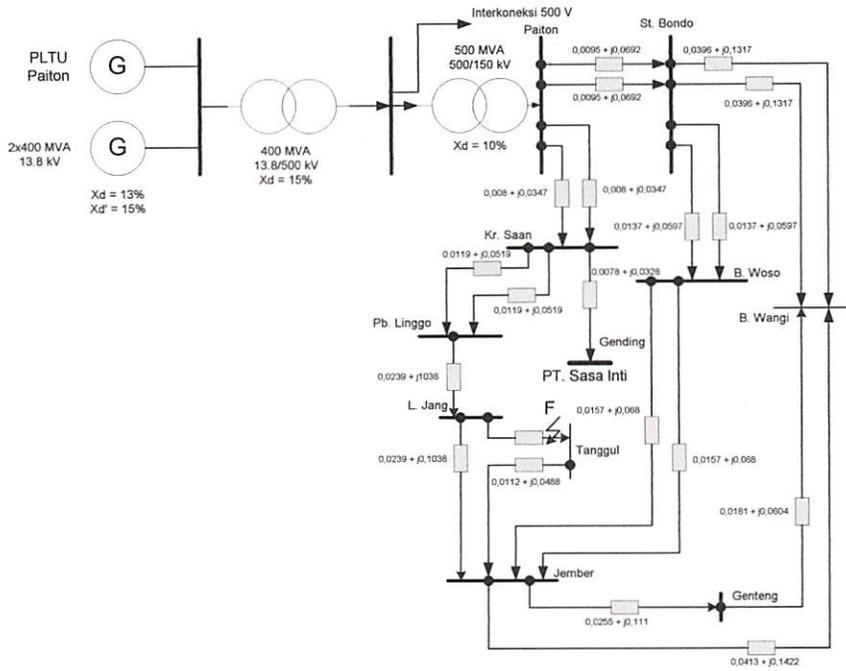
### **Gangguan Hubung Singkat Terjadi Pada Saluran Probolinggo-Lumajang**

**Kasus 9:** gangguan pada SUTT Tanggul-Lumajang.

Gangguan hubung singkat 3 $\Phi$ -G terjadi pada tanggul:

- 24 Agustus 2003 jam 04.43 BBWI. Reclose, cuaca terang

Hasil analisa 3 $\Phi$ -G pada bus Lumajang dapat di lihat pada tabel 4.1, sedangkan hasil analisa untuk gangguan hubung singkat 3 $\Phi$ -G bus Tanggul adalah:



**Gambar 4.11.**  
**Gangguan Hubung Singkat Terjadi Pada Saluran Tanggul-Lumajang**

**Tabel 4.11.**  
**Hasil Simulasi Hubung Singkat 3Φ-G Pada Bus Tanggul**

ETAP PowerStation  
 4.0.0C

Study Case: SC

Page: 1  
 Date: 03-01-2005  
 SN: KLGCONSULT  
 Revision: Base  
 Config.: Normal

SHORT-CIRCUIT REPORT

fault at bus: Tanggul

nominal kV = 148.000  
 base kV = 150.000

Prefault Voltage = 100.00 % of nominal bus kV  
 = 98.67 % of base kV

From Bus ID	Contribution To Bus ID	3-Phase Fault		Line-To-Ground Fault				Positive & Zero Sequence Impedances				
		% V From Bus	kA Symm. rms	% Voltage at From Bus	kA Symm. rms	Looking into "From Bus"		% Impedance on 100 MVA base				
				Va	Vb	Vc	Ia	I3I0	R1	X1	R0	X0
	Total	0.00	6.456	0.00	90.56	90.44	8.151	8.151	1.43E-001	5.88E+000	4.01E-002	2.00E+000
	Tanggul	0.00	3.675	0.00	91.24	91.12	4.639	4.639	1.98E-001	1.03E+001	5.21E-002	3.51E+000
	Tanggul	0.00	2.781	0.00	91.80	91.68	3.512	3.512	4.26E-001	1.36E+001	1.25E-001	4.64E+000
	Jember	0.00	0.546	0.00	88.18	88.06	0.690	0.690	2.32E+000	6.95E+001	6.87E-001	2.36E+001
	Jember	0.00	2.731	0.01	90.50	90.38	3.448	3.448	1.25E-002	1.39E+001	2.47E-002	4.73E+000
	Jember	0.00	0.254	0.00	91.80	91.68	0.321	0.321	6.40E+000	1.49E+002	2.40E+000	5.08E+001
	Jember	0.00	0.652	0.01	91.99	91.87	0.824	0.824	3.89E+000	5.81E+001	1.24E+000	1.98E+001
	Lumajang	0.01	2.528	0.01	89.06	88.94	3.192	3.192	5.81E-001	1.50E+001	1.75E-001	5.10E+000
	Genteng	0.00	0.546	0.01	91.99	91.87	0.690	0.690	2.32E+000	6.95E+001	6.87E-001	2.36E+001
	Bondowoso	0.01	2.731	0.01	89.06	88.94	3.448	3.448	1.25E-002	1.39E+001	2.47E-002	4.73E+000
	Banyuwangi	0.01	1.198	0.01	89.06	88.94	1.513	1.513	1.64E+000	3.16E+001	5.10E-001	1.08E+001
	Probolinggo	0.01	2.528	0.01	89.36	89.23	3.192	3.192	5.80E-001	1.50E+001	1.75E-001	5.10E+000
	Situbondo	0.01	3.928	0.01	89.36	89.23	4.959	4.959	1.46E-001	9.67E+000	3.55E-002	3.29E+000
	Kraksaan	0.01	2.528	0.01	89.36	89.23	3.192	3.192	5.80E-001	1.50E+001	1.75E-001	5.10E+000
	<b>Kraksaan</b>	<b>0.01</b>	<b>0.000</b>	<b>0.01</b>	<b>89.06</b>	<b>88.94</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>				
	Paiton	33.55	6.456	62.17	100.17	61.99	8.151	8.151*	1.43E-001	5.88E+000	4.00E-002	2.00E+000
	Bus_02	75.49	1.937	77.66	95.15	94.93	1.412	0.000*	3.02E+000	3.02E+000		
	Bus_01	98.67	35.086	98.67	98.67	98.67	29.532	0.000	1.06E-001	2.76E+000	1.06E-001	3.19E+000
	Bus_01	98.67	35.086	98.67	98.67	98.67	29.532	0.000	1.06E-001	2.76E+000	1.06E-001	3.19E+000

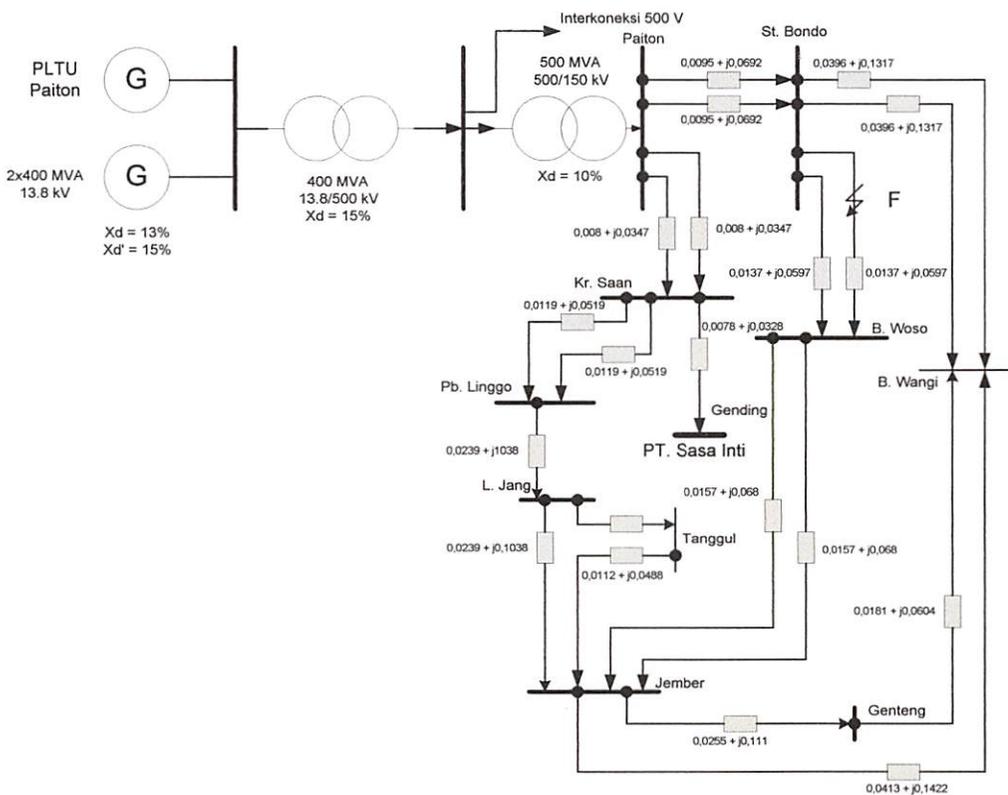
\* Indicates fault current contribution is from three-winding transformers  
 \* Indicates a zero sequence fault current contribution (3I0) from a grounded Delta-Y transformer

Dari hasil analisa untuk kasus 9 hubung singkat 3 $\Phi$ -G, jika gangguan berasal dari bus Tanggul, maka drop tegangan yang terjadi pada bus Gending adalah 89.06% sehingga nilai drop tegangan sebesar 16.46 kV dengan demikian tegangan pada bus Gending sebesar 134.04 kV sedangkan jika gangguan tersebut berasal dari bus Lumajang maka drop tegangan yang terjadi pada bus Gending adalah 87.86% sehingga nilai drop tegangan sebesar 18.28 kV dengan demikian tegangan pada bus Gending sebesar 132.22 kV.

**Kasus 10: Gangguan pada SUTT Situbondo-Bondowoso.**

Gangguan hubung singkat 3 $\Phi$ -G terjadi pada tanggal:

- 25 Desember 2003 jam 17.07 BBWI. Reclose, cuaca terang.
- 11 Februari 2004 jam 14.50 BBWI, cuaca mendung disertai angin.



**Gambar 4.12.**  
**Gangguan Hubung Singkat Terjadi Pada Saluran Situbondo-Bondowoso**

Hasil analisa 3 $\Phi$ -G pada bus Situbondo dapat di lihat pada tabel 4.3, sedangkan hasil analisa untuk gangguan hubung singkat 3 $\Phi$ -G bus Bondowoso dapat dilihat pada tabel 4.6. Dari hasil analisa untuk kasus 10 hubung singkat 3 $\Phi$ -G, jika gangguan berasal dari bus Situbondo, maka drop tegangan yang terjadi pada bus Gending 90.56% sehingga nilai drop tegangan sebesar 14.21 kV dengan demikian tegangan pada bus Gending sebesar 136.29 kV sedangkan jika gangguan tersebut berasal dari bus Bondowoso maka drop tegangan yang terjadi pada bus Gending adalah 89.12% sehingga nilai drop tegangan sebesar 16.38 kV dengan demikian tegangan pada bus Gending sebesar 134.12 kV.

Setelah dilakukan simulasi hubung singkat dengan *software ETAP PowerStation* maka langkah selanjutnya adalah mentabulasikan 10 kasus gangguan saluran/bus PLN tersebut berdasarkan lokasi gangguan PLN dan jarak terpendek SUTT ke arah PT. Sasa Inti Gending-probolinggo.

Selengkapnya mengenai tabulasi tersebut dapat dilihat pada tabel 4.12. berikut ini:

**Tabel 4.12.**  
**Ringkasan Hasil Analisa Gangguan**

Kasus	Gangguan Saluran		Tegangan GI Gending			Jarak (kms)
	Dari	Ke	%	Asal Gangguan	(kV)	
1	Lumajang	Jember	87.86	Lumajang	132.22	101.068
			88.40	Jember	133.04	
2	Situbondo	Banyuwangi	90.56	Situbondo	136.29	97.774
			87.68	Banyuwangi	131.96	
3	Jember	Genteng	88.40	Jember	133.04	161.598
			91.47	Genteng	137.66	
4	Bondowoso	Jember	89.12	Bondowoso	134.12	132.560
			88.40	Jember	133.22	
5	Kraksaan	Probolinggo	90.26	Kraksaan	135.84	19.137
			90.56	Probolinggo	136.29	
6	Jember	Banyuwangi	88.40	Jember	133.04	161.598
			87.68	Banyuwangi	131.96	

7	Situbondo	Paiton	90.56	Situbondo	136.29	97.774
			90.26	Paiton	135.84	39.341
8	Probolinggo	Lumajang	90.56	Probolinggo	136.29	49.376
			87.86	Lumajang	132.22	101.068
9	Tanggul	Lumajang	89.06	Tanggul	134.04	133.148
			87.86	Lumajang	132.22	101.068
10	Situbondo	Bondowoso	90.56	Situbondo	136.29	97.774
			89.12	Bondowoso	134.12	132.260

Kesimpulan yang dapat diambil dari ringkasan hasil analisa gangguan PLN tersebut, adalah bahwa terdapat 3 kasus gangguan yang dapat di sebabkan terjadi *voltage sags (dips)* pada PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo, yakni:

1. **Kasus 1** gangguan hubung singkat  $3\Phi$ -G pada SUTT Lumajang-Jember, yang terjadi pada tanggal 4 Januari 2003 pukul 19.33 BBWI dan 19.58 BBWI, cuaca mendung disertai petir.
2. **Kasus 6** gangguan hubung singkat  $3\Phi$ -G pada SUTT Jember-Banyuwangi yang terjadi pada tanggal 20 Juni 2003 jam 13.02 BBWI, cuaca mendung..
3. **Kasus 8** gangguan hubung singkat  $3\Phi$ -G pada SUTT Lumajang-Probolinggo yang terjadi pada tanggal:
  - a) 3 Agustus 2003 jam 16.49 BBWI.
  - b) 11 Nopember 2003 jam 23.46 BBWI, Reclose, cuaca hujan lebat.

Dari sekian banyak kasus gangguan yang telah dianalisa tadi, maka sebagian besar kasus gangguan penyebab *voltage sags (dips)* pada PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo, terjadi pada waktu siang sampai malam hari, pada kondisi cuaca yang cenderung mendung, bahkan hujan lebat, dan jarak lokasi sumber gangguan dengan PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo.



Secara umum gangguan pada saluran transmisi diatas bisa disebabkan oleh beberapa hal yaitu:

1. Batang pohon yang menyentuh saluran kawat *phasa*.
2. Benang layang-layang yang membuat hubung singkat antara *phasa-phasa* atau *phasa* ke tanah.
3. Hubung singkat yang disebabkan oleh binatang seperti burung.
4. Perawatan yang jelek, isolator yang retak pada saluran udara.
5. Kesalahan operasi.
6. Sabotase oleh orang.
7. Kesalahan sinkronisasi pada generator.
8. Tidak berfungsinya *relay* pengaman.
9. *Trip* pada saluran transmisi akibat beban lebih.

Untuk sistem pasokan tenaga listrik dengan saluran udara, sebagian besar penyebab gangguan disebabkan oleh pengaruh luar, yaitu: angin, pohon, petir, kegagalan peralatan dan saluran, manusia, binatang dan benda asing hujan dan cuaca.

Gangguan kedip tegangan umumnya oleh penyebab gangguan dalam hubung singkat (*phase-phase* atau *phase-tanah*) baik pada jaringan transmisi, distribusi maupun pada instalasi konsumen. Hal tersebut menyebabkan beropersinya peralatan tertentu yang dihubungkan dengan alat-alat proteksi guna meningkatkan kontinuitas pelayanan, misalnya *autorecloser*.

### 4.3. Analisa Penyebab Internal

Faktor gangguan hubung singkat pada sistem kelistrikan internal PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo, juga dapat menyebabkan *drop* tegangan yang cukup berada pada sistem. Akibatnya peralatan dan *drive* yang sensitif terhadap fenomena *voltage sags* ini akan merasakan hal ini sebagai gangguan, sehingga kinerjanya akan terganggu, bahkan dapat *trip*.

*Setting* proteksi *Under Voltege* pada *inverter* PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo mengijinkan tegangan turun sebesar 10% dari tegangan nominal dengan *delay time* 2 detik, dan *setting drop* tegangan sebesar kurang dari sama dengan 10% tegangan nominal, akibatnya jika sewaktu-waktu terjadi penurunan tegangan dari suplai daya listrik PLN sampai sekitar lebih dari 10%, walaupun dalam durasi yang sangat singkat, akan menyebabkan terjadi *trip*, dan dampaknya terhadap operasional industri.

### 4.4. Dampak Operasional Industri

Timbulnya Fenomena *voltage sags (dips)* sebagai akibat terjadinya gangguan pada *feeder* PLN, baik yang disebabkan oleh gangguan hubung singkat, maupun pada akibat perubahan beban dalam kapasitas besar secara tiba-tiba, serta sebagai akibat *switching operation*, dan sebab-sebab internal lainnya, PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo mengalami gangguan yang dampaknya merugikan proses operasionalisasi produksi dan juga dapat merusak peralatan industri.

Biasanya peralatan produksi yang sensitif terhadap timbulnya fenomena kedip tegangan adalah CENTAC (*Centrifugal Air Compressor*) bermerk *Ingersoll-Rand* dengan *microcontroller*, dan mesin pendingin CENTRAVAC (*Centrifugal Refrigerator Air Compressor*), dengan merk *Trane*. Spesifikasi untuk CENTAC *Ingersoll-Rand* dan CENTRAVAC *Trane* dapat dilihat di bab III.

Jika mesin-mesin atau *drives* yang sedang berjalan tiba-tiba terganggu oleh timbulnya fenomena kedip tegangan, maka proses akan terhenti, dan bahan olahan pembuat penyedap rasa tadi tidak dapat digunakan lagi, sehingga harus dibuang. Proses produksi dimulai dari awal lagi yang kemudian mesin-mesin dan *drives*nya harus distart lagi.

Bentuk kerugian produksi yang paling menonjol jika tiba-tiba terjadi fenomena *voltage sags (dips)* pada sistem kelistrikan di PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo adalah pada salah satu tahapan produksi, yakni *fermentasi* yang seharusnya mendapatkan suplai udara dari kompresor, tiba-tiba terganggu.

Penyebab utama ketidakmampuan menahan efek kedip tegangan adalah keberadaan *drive*, yang menggunakan *micro controller*, dan *setting* peralatan (motor), yang menggunakan delay time sebesar 2 detik, dengan *setting under voltage drive inverter* yang mengizinkan tegangan turun sebesar 10%, akibatnya jika sewaktu-waktu terjadi penurunan tegangan dari suplai daya listrik PLN sampai sekitar lebih dari 10 %, walaupun dalam durasi yang sangat singkat, maka akan terjadi gangguan *trip*, dan berdampak pada operasionalisasi industri.

Walaupun kejadian kedip tegangan ini berlangsung sekejap, namun pada udara yang sangat tinggi, tidak mampu menahan aliran tekanan udara baik yang

kembali keluar. Akibatnya *filter* udara yang ada akan rusak. Harga *filter* ini sendiri sangat mahal, namun yang terpenting dan tidak dapat ditolerir oleh proses produksi dari kejadian ini adalah akibat kerusakan *filter* udara ini, terjadi kontaminasi antara larutan dengan udara luar, sehingga larutan rusak dan bakteri yang terlibat dalam *fermentasi* ini akan mati, sehingga *fermentasi* gagal

Selain kejadian di tahapan *fermentasi*, biasanya tahapan proses lainnya yang sensitif terhadap gangguan adalah tahapan *kristalisasi*, dimana pada tahapan ini, jika tiba-tiba terjadi gangguan yang sampai menyebabkan mesin mati (*shutdown*), maka MSG yang akan *dikristalisasi* mengalami pemekatan yang berlebihan, bahkan sampai kering dan berkerak, sehingga butiran MSG seperti yang biasa kita lihat dipasaran, tidak dapat terbentuk (bentuk kristalnya tidak beraturan), namun akibat yang lebih parah lagi adalah kristal MSG yang sudah menjadi kerak itu, harus dibersihkan dan waktu yang dibutuhkan untuk membersihkannya tidaklah sebentar. Hal ini jelas akan mengganggu kelangsungan proses produksi.

#### **4.5. Solusi yang Dapat Dilakukan oleh PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo**

Langkah-langkah yang diambil PT. Sasa Inti Gending-Probolinggo untuk mengurangi pengaruh tegangan kedip dalam sistem penyaluran daya antara lain :

1. Merubah *setting proteksi under voltage* pada *drive-drive inverter*, dan peralatan yang sensitif terhadap kedip tegangan yang terjadi sampai mencapai 20% maka *setting proteksi* peralatannya harus secara *instantaneous*.

2. Pemasangan *power conditioning* pada *drive-drive* yang kritis. Bus DC tetap terjaga kelangsungan dayanya selama terjadi kedip tegangan.
3. Penggunaan UPS diperlukan untuk menjaga kontinuitas suplai daya pada beban-beban yang sensitif dan kritis.

#### **4.6. Solusi yang Dapat Dilakukan Untuk Mengurangi Kedip Tegangan oleh PT. PLN (Persero)**

Secara umum penanggulangan kedip tegangan dan dampaknya dapat dilakukan dengan beberapa cara:

- a. Mengurangi kekerapan terjadinya hubung singkat

Hal ini dapat dilakukan antara lain dengan cara memperkecil tahanan kaki tiang, membersihkan polutan pada isolator, memperbaiki sudut perlindungan petir dan memisahkan pasokan ke konsumen dari jaringan yang sering mengalami gangguan.

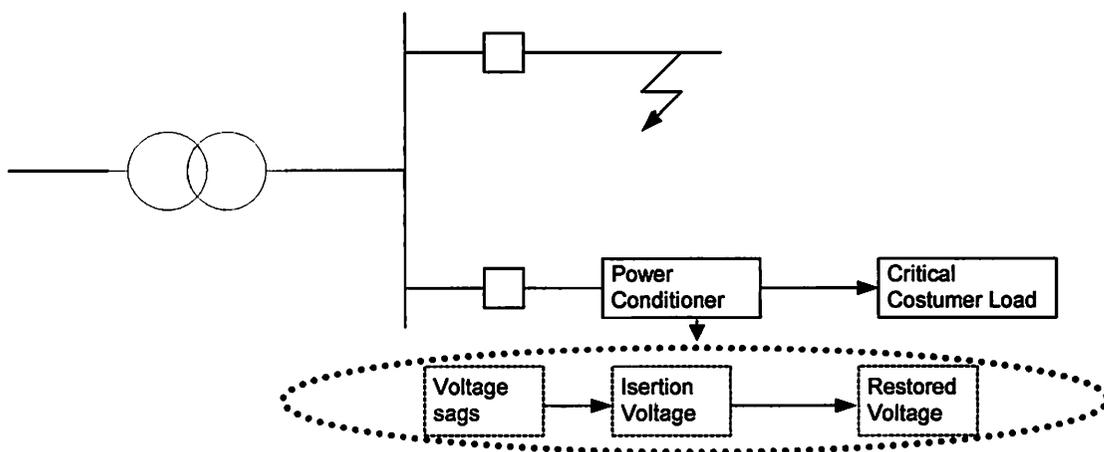
- b. Memperpendek *fault clearing time*.

Dapat dilakukan dengan cara melengkapi peralatan unit proteksi pada penghantar, memperbaiki koordinasi *relay* dan menggunakan *relay* dengan *operating time* yang lebih cepat.

- c. Memperbaiki konfigurasi jaringan sehingga dampak hubung singkat terhadap peralatan konsumen lebih kecil, antara lain dengan cara.

1. Memasang generator di dekat terminal konsumen. Generator tersebut akan mempertahankan tegangan di titik konsumen tetap tinggi pada saat hubung singkat terjadi.

2. Memisahkan busbar, sehingga peralatan konsumen, lebih jauh dari ruas transmisi yang sering mengalami gangguan.
3. Menambah sumber pasokan baru pada busbar konsumen dari sumber pasokan pertama yang relatif independen (minimal dari dua sumber).
4. Memasang peralatan tambahan di antara pasokan dengan peralatan konsumen seperti *power conditioner*, sehingga kedip tegangan yang berasal dari sistem akan dihilangkan atau dikurangi dampaknya.



**Gambar 4.13.**  
**Pemasangan *Power Conditioner***

Salah satu contoh *power conditioner* yang dapat digunakan adalah *Dynamic Voltage Restore* (DVR) yang menggunakan Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT), dimana peralatan ini dapat dipakai untuk memperbaiki performa tegangan akibat *voltage sags* (*dips*). DVR ini pasang secara serial terhadap beban sensitif yang akan dilindungi. Prinsip kerja DVR tegangan kedip, sedemikian rupa sehingga jumlah antara tegangan yang diinjeksikan sama dengan tegangan sebelum gangguan.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Dari hasil analisa dalam Skripsi ini maka diperoleh kesimpulan :

1. Gangguan hubung singkat pada PLN dapat menjadi penyebab eksternal terjadinya kedip tegangan (*voltage sags/dips*). Gangguan yang paling sering terjadi pada SUTT 150 kV adalah hubung singkat 3 fasa ke tanah yang terjadi selama beberapa siklus.
2. Dari hasil simulasi perhitungan terhadap sistem yang mengalami gangguan dengan menggunakan *software ETAP PowerStation* dapat dilihat pada **table 5.1**. Hasil tersebut menunjukkan bahwa gangguan yang terjadi di beberapa bus yang terdapat pada sistem akan mempengaruhi bus Gending, beberapa bus yang terjadi gangguan dan sangat berpengaruh pada bus gending adalah gangguan pada bus Lumajang, Jember, dan Banyuwangi. Masing-masing bus jika terjadi gangguan menyebabkan drop tegangan pada bus gending lebih dari 10%. Sementara pada PT. Sasa Inti Gending – Probolinggo drop tegangan yang dibolehkan maksimum 10% dari nominal kV yang ada.

**Tabel 5.1**  
**Nilai Tegangan Sags/Dips Pada Bus Gending Setelah Gangguan**

KASUS	GANGGUAN SALURAN		$\Delta V^*)$	JARAK
	Dari	Ke	kV	Kms
1	Lumajang	Jember	18.28	101.068
			17.46	161.598
2	Situbondo	Banyuwangi	14.21	97.774
			18.55	168.974
3	Jember	Genteng	17.46	161.598
			12.84	202.924
4	Bondowoso	Jember	16.38	132.560
			17.46	161.598
5	Kraksaan	Probolinggo	14.66	19.137
			14.21	49.375
6	Jember	Banyuwangi	17.46	161.598
			18.55	168.974
7	Situbondo	Paiton	14.21	97.774
			14.66	39.341
8	Probolinggo	Lumajang	14.21	49.376
			18.28	101.068
9	Tanggul	Lumajang	14.66	133.148
			18.28	101.068
10	Situbondo	Bondowoso	14.21	97.774
			16.38	132.260

*Ket. : \*) Nilai Tegangan Sags/dips pada bus Gending*

Adapun besar drop tegangan pada bus Gending jika terjadi gangguan pada bus Lumajang, Jember dan Banyuwangi secara berurutan sebesar 18.28 kV, 17.46 kV, dan, 18.55 kV. Terjadinya drop tegangan inilah yang akan mempengaruhi proses produksi PT. Sasa Inti Gending – Probolinggo.

3. Faktor eksternal terjadinya drop tegangan pada bus Gending yang disebabkan oleh gangguan yang terjadi pada sistem adalah :
- Cuaca mendung, hujan lebat dan cuaca mendung yang disertai petir
  - Batang pohon atau benda lain yang menyentuh saluran kawat fasa
  - Hubung singkat yang disebabkan oleh binatang khususnya burung
  - Kesalahan operasi dan perawatan yang jelek
  - Tidak berfungsinya *relay* pengaman dan terjadinya Trip akibat beban lebih



- f. Sabotase oknum yang tidak bertanggung jawab
4. Dampak teknis yang paling menonjol ketika terjadi kedip tegangan adalah pada salah satu tahapan produksi, yakni *fermentasi* yang berakibat *filter* udara yang ada akan rusak, dan kerusakan *filter* tersebut menimbulkan *kontaminasi* udara luar, sehingga larutan rusak, dan harus di buang.
  5. Upaya mengatasi kedip tegangan dapat dilakukan oleh kedua belah pihak dalam hal ini PT. Sasa Inti Gending - Probolinggo dan PT. PLN (Persero) sebagai pemasok daya listrik. Upaya yang dapat dilakukan oleh PT. Sasa Inti Gending - Probolinggo adalah:
    1. Merubah *setting proteksi under voltage* pada *drive-drive inverter*, dan peralatan yang sensitif terhadap kedip tegangan, dengan rincian untuk penurunan tegangan sampai 20 %, dilakukan dengan *delay time*.
    2. Pemasangan *power conditioning* pada *drive-drive* yang kritis. *Bus DC* tetap terjaga kelangsungan dayanya selama terjadi kedip tegangan.
    3. penggunaan UPS diperlukan untuk menjaga kontinuitas suplai daya pada beban yang sensitif dan kritis.
  6. Sebagai solusi yang di lakukan oleh PT. PLN (Persero):
    - a. Mengurangi kekerapan terjadinya hubung singkat  
Hal ini dapat dilakukan antara lain dengan cara memperkecil tahanan kaki tiang, membersihkan polutan pada isolator, memperbaiki sudut perlindungan petir, memperbaiki lintasan (*right-*

*of-way*) penghantar dan memisahkan pasokan ke konsumen dari jaringan yang sering mengalami gangguan.

b. Memperpendek *fault clearing time*

Dapat dilakukan dengan cara melengkapi teleproteksi atau memakai unit proteksi pada penghantar, memperbaiki koordinasi *relay* dan menggunakan *relay* dengan *operating time* yang lebih cepat

c. Memperbaiki konfigurasi jaringan sehingga dampak hubung singkat terhadap peralatan konsumen lebih kecil, dengan cara:

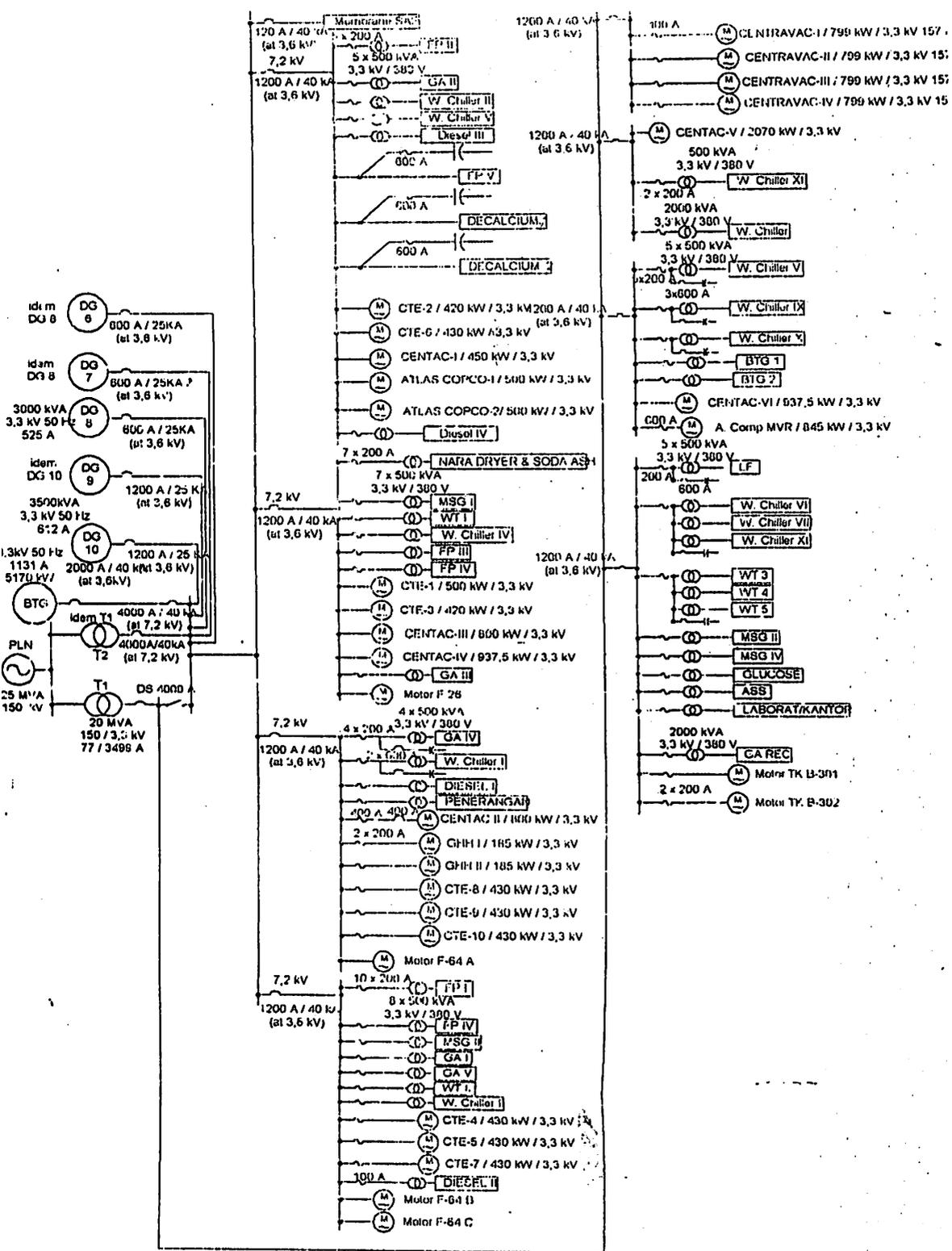
1. Memasang generator di dekat terminal konsumen. Generator tersebut akan mempertahankan tegangan dititik konsumen tetap tinggi pada saat hubung singkat terjadi.
2. Memisahkan busbar sehingga peralatan konsumen secara elektrik , lebih jauh dari ruas transmisi yang sering mengalami gangguan.
3. Menambah sumber pasokan baru pada busbar konsumen dari sumber pasokan yang relatif *independent* dari pasokan yang pertama (bila semula di pasok radial, kini jadi *spot/loop*, minimal dari dua sumber)
4. Memasang peralatan tambahan di antara pasokan dengan peralatan konsumen seperti *power conditioner*, sehingga kedip tegangan yang berasal dari sistem akan menghilang atau di kurangi dampaknya disisi konsumen.

## 5.2 Saran

- 1 Walaupun gangguan kedip tegangan bersifat tidak menentu dan tidak dapat dihindari, serta tidak dapat diramalkan terjadinya namun pemahaman terhadap karakteristik gangguan kedip tegangan yang disertai dokumentasi data-data hasil rekaman pengaruh gangguan, baik pada tingkat perencanaan maupun pengoperasian, maka akan lebih baik jika PT. Sasa Inti Gending – Probolinggo memasang peralatan DFR (*Digital Fault Recorder*) guna mempermudah proses identifikasi jenis gangguan yang terjadi khususnya yang berkaitan dengan masalah *power quality*.
- 2 Apabila *prosentase* penurunan amplitude tegangan yang disebabkan oleh gangguan kedip tegangan sangat besar, maka penggunaan peralatan *power conditioning* dapat merupakan alternatif dalam mengurangi pengaruh gangguan.
- 3 PT. Sasa Inti Gending–Probolinggo hendaknya melakukan *setting* ulang terhadap peralatan yang sensitif terhadap timbulnya fenomena kedip tegangan dengan jalan mengubah *setting* proteksi *under voltage* pada *drive-drive inverter* yang sensitif terhadap kedip tegangan, dengan rincian untuk penurunan tegangan sampai dengan 20%.
- 4 Untuk PT. PLN (Persero), jika kondisinya memungkinkan hendaknya melakukan perubahan konfigurasi jaringan dari kondisi *single circuit radial*, menjadi *double circuit loop*.

## DAFTAR PUSTAKA

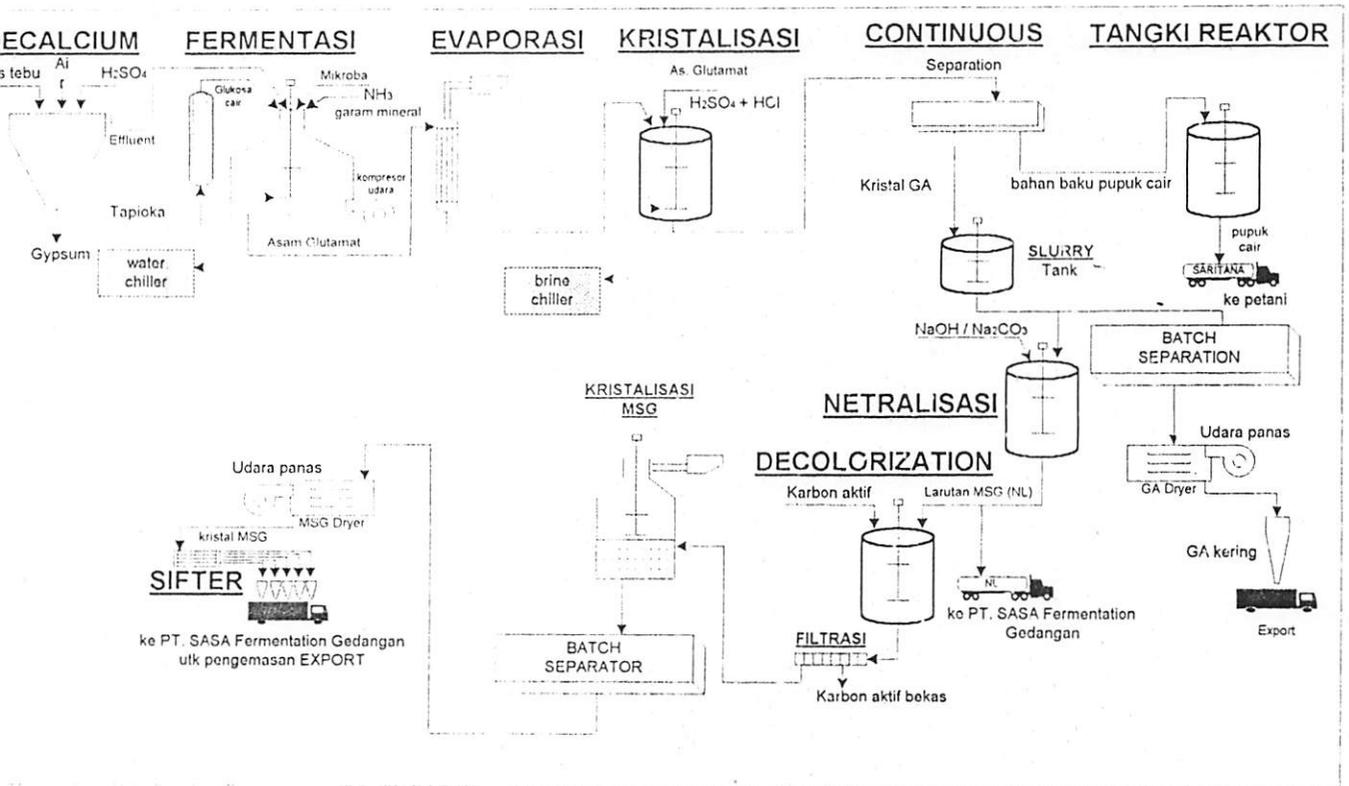
- 1). *John J. Grainger and William D Stevenson, Jr; Power System Analysis; Mc Graw-Hill, International Edition, Electrical Engeneering Series, 1994*
- 2). *A.J Visser and H. du T. Mouton, 2000, 250 kW Transformars-less Voltage Dip Compensator, Departement of Electrical and Elektronik Enegineering, University of Stellenbosch, 7600, South Africa*
- 3). *William D Stevenson, Jr., 1990 Analisa Sistem Tenaga Listrik, Edisi Keempat, Erlangga, Jakarta-Indonesia.*
- 4). *L. Tang, J Lamorec, M. Mc. Granaghan and H. Mehta, April 10-15, 1994, Distribution system voltage sags: interaction with motor and drive loads. Trasmision & Distribution confence, P. 1-6, Chicago, Illinois-USA.*
- 5). *Power system Reliability Subcommittee-IEEE, April 10 – 15, 1994 Proposed Chapter for Predicting Voltage Sags (Dips) in Revisin to IEEE Std 493, The Gold Book, Transmission and Distribution Conference, p. 7-14, Chicago.*
- 6). *Voltage Sags Analysis, Dr. S. Thiruvengadam, Prof. & Head, Dept. of Elect. Engg. Sri Venkaterwara College of Engg., Sri perumbudur*
- 7). *Mark F. McGranaghan, David R. Muller and Marek J. Samotyj; Voltage Sags In Industrial System; IEEE Transaction On Industry Application, Vol. 29, No. 2, March/April 1993*
- 8). *Fredeik Carisson, Chandur Sadarangani, and Björn Widell; Impact of Voltage Sags on A Blast Furnace Process; Departement of Electrical Engeneering KTH, Royal Institute of Technology; SE-100 44 Stockholm*
- 9). *Mark McGranaghan and Dave Muller; Effect of Voltage Sags In Process Industry Application; Electrotek Concepts, Inc. Knoxville, Tennessee*



**Legenda :**

- Centravac = Centrifugal Refrigerator Air Compressor
- WT = Water Treatment (perawatan dengan air)
- GA = Glutamate Acid (Asam Glutamat) bahan baku MSG
- LF = Liquid Fertilizer (Sari tanah/pupuk) sebagai pemanfaatan limbah pabrik
- Water Chiller = pendingin.

Single Line Diagram PT. SASA INTI Gending-Probolinggo



Gambar Diagram Alir Proses PT. SASA INTI Gending-Probolinggo

**DIAGRAM UNIT PENUNJANG PROSES (UTILITY) PT. SASA INTI**

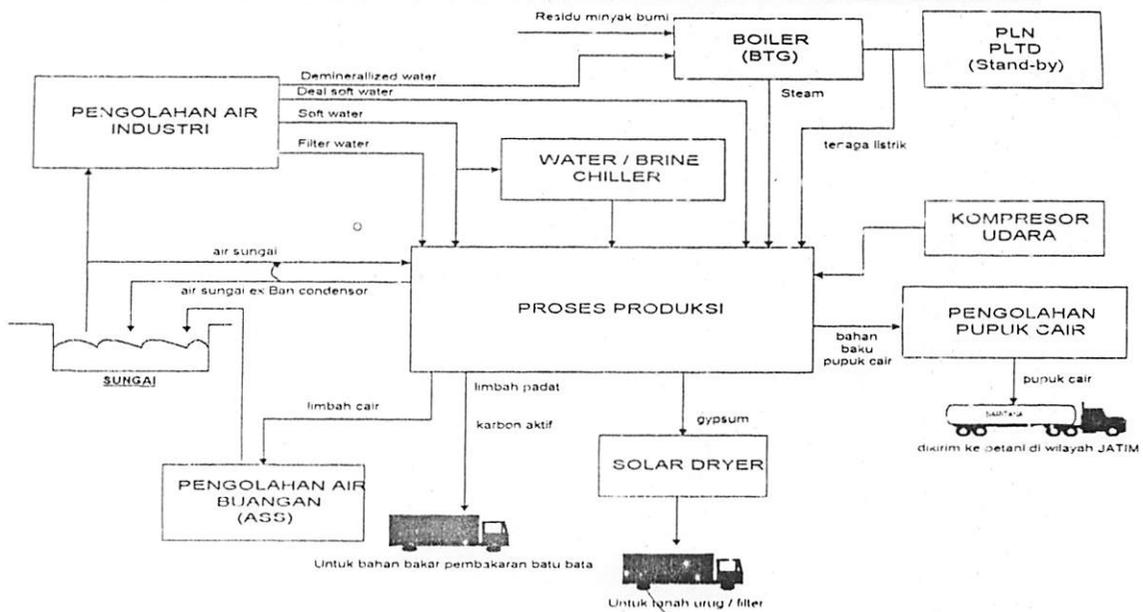


Diagram Unit Penunjang Proses (Utility) PT. SASA INTI Gending-Probolinggo

## Hasil Simulasi Perhitungan Load Flow Gangguan Hubung Singkat Pada Saluran Bondowoso – Jember

Project:  
Location:  
Contract:  
Engineer:  
Filename: Heru

**ETAP PowerStation**  
4.0.0C

Study Case: LF

Page: 1  
Date: 03-01-2005  
SN: KLGCONSULT  
Revision: Base  
Config: Normal

### LOAD FLOW REPORT

#	Bus ID	Voltage			Generation		Motor Load		Static Load		ID	Load Flow				XFMR % Tap
		kV	kV	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar		MW	Mvar	Amp	% PF	
#	Banyuwangi	145.700	150.696	0.0	0	0	-1.819	3.857	0	0	Situbondo	2.430	15.770	61	15.23	
											Genteng	-0.889	-11.847	46	7.48	
											Jember	0.278	-7.780	30	-3.57	
#	Bondowoso	148.100	150.696	0.0	0	0	0.927	17.352	0	0	Situbondo	-0.927	-17.352	67	5.34	
*	Bus_01	13.800	13.800	0.0	-0.646	-10.302	0	0	0	0	Bus_02	-0.646	-10.302	432	6.26	
	Bus_02	500.000	501.289	0.0	0	0	0	0	0	0	Bus_01	0.647	10.329	12	6.25	
											Paiton	-0.647	-10.332	12	6.25	
#	Gending	150.500	150.696	0.0	0	0	1.501	17.840	0	0	Kraksaan	-1.501	-17.840	69	8.38	
#	Genteng	152.000	150.696	0.0	0	0	-1.562	-6.460	0	0	Banyuwangi	0.889	7.948	31	11.11	
											Jember	0.673	-1.488	6	-41.22	
#	Jember	146.900	150.696	0.0	0	0	-0.743	4.969	0	0	Genteng	-0.673	-6.240	24	10.73	
											Tanggul	1.102	1.728	8	53.77	
											Lumajang	0.592	2.478	10	23.25	
											Banyuwangi	-0.278	-2.935	11	9.43	
#	Kraksaan	150.000	150.696	0.0	0	0	2.289	39.442	0	0	Paiton	-2.660	-23.634	91	11.18	
											Gending	1.501	15.550	60	9.61	
											Probolinggo	-1.129	-31.358	120	3.60	
#	Lumajang	146.000	150.696	0.0	0	0	-0.352	7.644	0	0	Probolinggo	1.088	12.427	48	8.72	
											Tanggul	-0.143	-10.368	40	1.38	
											Jember	-0.592	-9.704	37	6.09	
#	Paiton	150.000	150.696	0.0	0	0	-2.174	-2.095	0	0	Situbondo	-1.133	-29.478	113	3.84	
											Kraksaan	2.660	21.219	82	12.44	
											Bus_02	0.647	10.353	40	6.24	
#	Probolinggo	150.500	150.696	0.0	0	0	-0.041	-9.146	0	0	Kraksaan	1.129	27.744	106	4.07	
											Lumajang	-1.088	-18.598	71	5.84	
#	Situbondo	150.500	150.696	0.0	0	0	0.369	-14.031	0	0	Paiton	1.133	20.499	79	5.52	
											Bondowoso	0.927	13.202	51	7.01	
											Banyuwangi	-2.430	-19.670	76	12.26	
#	Tanggul	148.000	150.696	0.0	0	0	0.959	-1.413	0	0	Jember	-1.102	-5.127	20	21.02	
											Lumajang	0.143	6.540	25	2.19	

\* Indicates a voltage regulated bus (voltage controlled or swing type machine connected to it)  
# Indicates a bus with a load mismatch of more than 0.1 MVA

## Hasil Simulasi Perhitungan Load Flow Gangguan Hubung Singkat Pada Saluran Lumajang – Jember

Project:  
Location:  
Contract:  
Engineer:  
Filename: Heru

**ETAP PowerStation**  
4.0.0C

Study Case: LF

Page: 1  
Date: 03-01-2005  
SN: KLGCONSULT  
Revision: Base  
Config.: Normal

### LOAD FLOW REPORT

	Bus		Voltage		Generation		Motor Load		Static Load		ID	Load Flow				XFMR	
	ID	kV	kV	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar		MW	Mvar	Amp	% PF	% Tap	
# Banyuwangi		145.700	150.417	0.0	0	0	-3.437	18.107	0	0	Situbondo	2.271	0.070	9	99.95		
											Genteng	0.318	-11.677	45	-2.72		
											Jember	0.848	-6.501	25	-12.93		
# Bondowoso		148.100	150.417	0.0	0	0	0.372	31.645	0	0	Situbondo	-0.028	-11.767	45	0.24		
											Jember	-0.344	-19.878	76	1.73		
* Bus_01		13.800	13.800	0.0	-0.538	-6.164	0	0	0	0	Bus_02	-0.538	-6.164	259	8.70		
Bus_02		500.000	500.772	0.0	0	0	0	0	0	0	Bus_01	0.538	6.173	7	8.69		
											Paiton	-0.538	-6.172	7	8.68		
# Gending		150.500	150.417	0.0	0	0	3.658	16.008	0	0	Kraksaan	-3.658	-16.008	63	22.27		
# Genteng		152.000	150.417	0.0	0	0	-0.341	-7.862	0	0	Banyuwangi	-0.318	7.792	30	-4.08		
											Jember	0.659	0.070	3	99.45		
# Jember		146.900	150.417	0.0	0	0	1.068	5.641	0	0	Genteng	-0.659	-7.768	30	8.45		
											Tanggul	0.094	-8.854	34	-1.06		
											Bondowoso	0.344	15.155	58	2.27		
											Banyuwangi	-0.848	-4.174	16	19.91		
# Kraksaan		150.000	150.417	0.0	0	0	-0.091	16.262	0	0	Paiton	-2.917	-13.997	55	20.40		
											Gending	3.658	13.727	55	25.75		
											Probolinggo	-0.650	-15.992	61	4.06		
# Lumajang		146.000	150.417	0.0	0	0	1.205	8.494	0	0	Probolinggo	-0.500	-0.127	2	96.94		
											Tanggul	-0.705	-8.367	32	8.39		
# Paiton		150.000	150.417	0.0	0	0	-5.122	-10.249	0	0	Situbondo	1.667	-7.522	30	-21.64		
											Kraksaan	2.917	11.591	46	24.40		
											Bus_02	0.538	6.180	24	8.67		
# Probolinggo		150.500	150.417	0.0	0	0	-1.151	-6.371	0	0	Kraksaan	0.650	12.392	48	5.24		
											Lumajang	0.500	-6.021	23	-8.28		
# Situbondo		150.500	150.417	0.0	0	0	3.910	-2.253	0	0	Paiton	-1.667	-1.424	8	76.04		
											Bondowoso	0.028	7.633	29	0.36		
											Banyuwangi	-2.271	-3.955	18	49.79		
# Tanggul		148.000	150.417	0.0	0	0	-0.610	-10.022	0	0	Jember	-0.094	5.468	21	-1.72		
											Lumajang	0.705	4.554	18	15.29		

\* Indicates a voltage regulated bus (voltage controlled or swing type machine connected to it)

# Indicates a bus with a load mismatch of more than 0.1 MVA



## Hasil Simulasi Perhitungan Load Flow Gangguan Hubung Singkat Pada Saluran Situbondo – Banyuwangi

Project:  
Location:  
Contract:  
Engineer:  
Filename: Heru

**ETAP PowerStation**  
4.0.0C

Study Case: LF

Page: 1  
Date: 03-01-2005  
SN: KLGCONSULT  
Revision: Base  
Config: Normal

### LOAD FLOW REPORT

Bus ID	Voltage			Generation		Motor Load		Static Load		ID	Load Flow				XFMR	
	kV	kV	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar		MW	Mvar	Amp	% PF	% Tap	
# Banyuwangi	145.700	150.065	0.0	0	0	1.976	5.637	0	0	Genteng	-1.963	-3.323	15	50.86		
										Jember	-0.013	-2.314	9	0.58		
# Bondowoso	148.100	150.064	0.0	0	0	-2.434	19.880	0	0	Situbondo	0.797	-1.811	8	-40.28		
										Jember	1.638	-18.070	70	-9.03		
* Bus_01	13.800	13.800	0.0	-0.233	-0.949	0	0	0	0	Bus_02	-0.233	-0.949	41	23.81		
Bus_02	500.000	500.119	0.0	0	0	0	0	0	0	Bus_01	0.233	0.949	1	23.81		
										Paiton	-0.233	-0.951	1	23.80		
# Gending	150.500	150.064	0.0	0	0	1.200	19.076	0	0	Kraksaan	-1.200	-19.076	74	6.28		
# Genteng	152.000	150.065	0.0	0	0	-2.758	-0.354	0	0	Banyuwangi	1.963	-0.544	8	-96.37		
										Jember	0.795	0.898	5	66.31		
# Jember	146.900	150.064	0.0	0	0	1.745	8.521	0	0	Genteng	-0.795	-8.560	33	9.25		
										Tanggul	0.505	-4.280	17	-11.71		
										Bondowoso	-1.638	13.369	52	-12.16		
										Lumajang	0.170	-0.740	3	-22.41		
										Banyuwangi	0.013	-8.310	32	-0.16		
# Kraksaan	150.000	150.064	0.0	0	0	0.971	29.977	0	0	Paiton	-0.642	-18.462	71	3.48		
										Gending	1.200	16.806	65	7.12		
										Probolinggo	-1.529	-28.321	109	5.39		
# Lumajang	146.000	150.064	0.0	0	0	0.180	14.454	0	0	Probolinggo	-0.130	1.537	6	-8.45		
										Tanggul	0.120	-9.565	37	-1.26		
										Jember	-0.170	-6.426	25	2.65		
# Paiton	150.000	150.064	0.0	0	0	-0.425	3.719	0	0	Situbondo	-0.450	-20.737	80	2.17		
										Kraksaan	0.642	16.068	62	3.99		
										Bus_02	0.233	0.951	4	23.80		
# Probolinggo	150.500	150.064	0.0	0	0	-1.660	-17.082	0	0	Kraksaan	1.529	24.738	95	6.17		
										Lumajang	0.130	-7.656	29	-1.70		
# Situbondo	150.500	150.064	0.0	0	0	0.346	-9.529	0	0	Paiton	0.450	11.833	46	3.80		
										Bondowoso	-0.797	-2.304	9	32.68		
# Tanggul	148.000	150.064	0.0	0	0	0.625	-6.679	0	0	Jember	-0.505	0.910	4	-48.52		
										Lumajang	-0.120	5.769	22	-2.08		

\* Indicates a voltage regulated bus (voltage controlled or swing type machine connected to it)

# Indicates a bus with a load mismatch of more than 0.1 MVA

## Hasil Simulasi Perhitungan *Load Flow* Gangguan Hubung Singkat Pada Saluran Jember – Genteng

Project:  
Location:  
Contract:  
Engineer:  
Filename: Heru

**ETAP PowerStation**  
4.0.0C

Study Case: LF

Page: 1  
Date: 03-01-2005  
SN: KLGCONSULT  
Revision: Base  
Config.: Normal

### LOAD FLOW REPORT

#	Bus ID	Voltage			Generation		Motor Load		Static Load		ID	Load Flow				XFMR	
		kV	kV	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar		MW	Mvar	Amp	% PF	% Tap	
#	Banyuwangi	145.700	150.479	0.0	0	0	2.968	28.178	0	0	Situbondo	-2.143	-10.893	43	19.30		
											Genteng	-0.094	-8.067	31	1.17		
											Jember	-0.731	-9.218	35	7.91		
#	Bondowoso	148.100	150.479	0.0	0	0	-0.209	28.113	0	0	Situbondo	-0.370	-15.353	59	2.41		
											Jember	0.579	-12.759	49	-4.53		
	* Bus_01	13.800	13.800	0.0	-0.555	-7.083	0	0	0	0	Bus_02	-0.555	-7.083	297	7.81		
	Bus_02	500.000	500.887	0.0	0	0	0	0	0	0	Bus_01	0.555	7.095	8	7.80		
											Paiton	-0.555	-7.096	8	7.79		
#	Gending	150.500	150.479	0.0	0	0	0.019	-0.606	0	0	Kraksaan	-0.019	0.606	2	-3.19		
#	Genteng	152.000	150.479	0.0	0	0	-0.094	-4.179	0	0	Banyuwangi	0.094	4.179	16	2.25		
#	Jember	146.900	150.479	0.0	0	0	1.641	17.534	0	0	Tanggul	-1.114	-14.678	56	7.57		
											Bondowoso	-0.579	8.033	31	-7.19		
											Lumajang	-0.679	-9.423	36	7.19		
											Banyuwangi	0.731	-1.466	6	-44.64		
#	Kraksaan	150.000	150.479	0.0	0	0	-0.229	7.214	0	0	Paiton	-1.809	5.560	22	-30.94		
											Gending	0.019	-2.889	11	-0.67		
											Probolinggo	2.018	-9.884	39	-20.00		
#	Lumajang	146.000	150.479	0.0	0	0	-0.636	-1.029	0	0	Probolinggo	-0.327	1.253	5	-25.26		
											Tanggul	0.284	-2.441	9	-11.56		
											Jember	0.679	2.218	9	29.27		
#	Paiton	150.000	150.479	0.0	0	0	-7.252	9.362	0	0	Situbondo	4.888	-8.501	38	-49.85		
											Kraksaan	1.809	-7.967	31	-22.14		
											Bus_02	0.555	7.107	27	7.78		
#	Probolinggo	150.500	150.479	0.0	0	0	1.691	1.125	0	0	Kraksaan	-2.018	6.282	25	-30.59		
											Lumajang	0.327	-7.406	28	-4.41		
#	Situbondo	150.500	150.479	0.0	0	0	2.376	-17.768	0	0	Paiton	-4.888	-0.452	19	99.57		
											Bondowoso	0.370	11.216	43	3.29		
											Banyuwangi	2.143	7.005	28	29.25		
#	Tanggul	148.000	150.479	0.0	0	0	-0.830	-9.914	0	0	Jember	1.114	11.290	44	9.82		
											Lumajang	-0.284	-1.375	5	20.23		

\* Indicates a voltage regulated bus (voltage controlled or swing type machine connected to it)

# Indicates a bus with a load mismatch of more than 0.1 MVA

## Hasil Simulasi Perhitungan *Load Flow* Gangguan Hubung Singkat Pada Saluran Kraksaan – Probolinggo

Project:  
Location:  
Contract:  
Engineer:  
Filename: Heru

**ETAP PowerStation**  
4.0.0C

Study Case: LF

Page: 1  
Date: 03-01-2005  
SN: KLGCONSULT  
Revision: Base  
Config: Normal

### LOAD FLOW REPORT

#	Bus ID	Voltage			Generation		Motor Load		Static Load		ID	Load Flow				XFMR	
		kV	kV	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar		MW	Mvar	Amp	% PF	% Tap	
#	Banyuwangi	145.700	150.178	0.0	0	0	-1.096	16.280	0	0	Situbondo	1.563	4.629	19	31.98		
											Genteng	-0.699	-12.729	49	5.48		
											Jember	0.232	-8.181	31	-2.84		
#	Bondowoso	148.100	150.178	0.0	0	0	3.621	48.228	0	0	Situbondo	-1.646	-11.967	46	13.63		
											Jember	-1.975	-36.261	140	5.44		
	* Bus_01	13.800	13.800	0.0	-0.505	-2.620	0	0	0	0	Bus_02	-0.505	-2.620	112	18.94		
	Bus_02	500.000	500.329	0.0	0	0	0	0	0	0	Bus_01	0.505	2.622	3	18.93		
											Paiton	-0.505	-2.621	3	18.92		
#	Gending	150.500	150.177	0.0	0	0	2.822	20.365	0	0	Kraksaan	-2.822	-20.365	79	13.73		
#	Genteng	152.000	150.178	0.0	0	0	-1.208	-7.311	0	0	Banyuwangi	0.699	8.856	34	7.86		
											Jember	0.509	-1.545	6	-31.28		
#	Jember	146.900	150.178	0.0	0	0	2.008	3.060	0	0	Genteng	-0.509	-6.129	24	8.27		
											Tanggul	-1.653	-14.578	56	11.26		
											Bondowoso	1.975	31.554	122	6.25		
											Lumajang	-1.589	-11.446	44	13.75		
											Banyuwangi	-0.232	-2.460	10	9.41		
#	Kraksaan	150.000	150.177	0.0	0	0	-4.167	0.025	0	0	Paiton	1.345	-18.116	70	-7.41		
#	Lumajang	146.000	150.178	0.0	0	0	-3.811	-1.409	0	0	Gending	2.822	18.092	70	15.41		
											Probolinggo	0.695	-4.353	17	-15.77		
											Tanggul	1.527	1.493	8	71.50		
											Jember	1.589	4.269	18	34.88		
#	Paiton	150.000	150.177	0.0	0	0	-3.226	7.696	0	0	Situbondo	4.067	-26.036	101	-15.43		
											Kraksaan	-1.345	15.718	61	-8.53		
											Bus_02	0.505	2.622	10	18.91		
#	Probolinggo	150.500	150.178	0.0	0	0	0.695	1.776	0	0	Lumajang	-0.695	-1.776	7	36.44		
#	Situbondo	150.500	150.178	0.0	0	0	3.983	-16.463	0	0	Paiton	-4.067	17.119	68	-23.11		
											Bondowoso	1.646	7.846	31	20.53		
											Banyuwangi	-1.563	-8.502	33	18.08		
#	Tanggul	148.000	150.178	0.0	0	0	-0.126	-5.909	0	0	Jember	1.653	11.203	44	14.59		
											Lumajang	-1.527	-5.294	21	27.71		

\* Indicates a voltage regulated bus (voltage controlled or swing type machine connected to it)

# Indicates a bus with a load mismatch of more than 0.1 MVA

## Hasil Simulasi Perhitungan Load Flow Gangguan Hubung Singkat Pada Saluran Jember – Banyuwangi

Project:  
Location:  
Contract:  
Engineer:  
Filename: Heru

**ETAP PowerStation**  
4.0.0C

Study Case: LF

Page: 1  
Date: 03-01-2005  
SN: KLGCONSULT  
Revision: Base  
Config: Normal

### LOAD FLOW REPORT

	Bus		Voltage		Generation		Motor Load		Static Load		ID	Load Flow				XFMR	
	ID	kV	kV	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar		MW	Mvar	Amp	% PF	% Tap	
# Banyuwangi		145.700	150.316	0.0	0	0	-4.648	5.745	0	0	Situbondo	2.140	-3.514	16	-52.01		
											Genteng	2.508	-2.231	13	-74.72		
# Bondowoso		148.100	150.316	0.0	0	0	-1.584	26.275	0	0	Situbondo	-0.499	-11.275	43	4.42		
											Jember	2.082	-15.001	58	-13.75		
* Bus_01		13.800	13.800	0.0	-0.548	-4.668	0	0	0	0	Bus_02	-0.548	-4.668	197	11.65		
Bus_02		500.000	500.585	0.0	0	0	0	0	0	0	Bus_01	0.548	4.673	5	11.64		
											Paiton	-0.548	-4.674	5	11.64		
# Gending		150.500	150.316	0.0	0	0	1.846	12.042	0	0	Kraksaan	-1.846	-12.042	47	15.15		
# Genteng		152.000	150.316	0.0	0	0	1.782	7.678	0	0	Banyuwangi	-2.508	-1.649	12	83.55		
											Jember	0.725	-6.029	23	-11.95		
# Jember		146.900	150.316	0.0	0	0	2.373	6.720	0	0	Genteng	-0.725	-1.660	7	40.05		
											Tanggul	0.100	-10.128	39	-0.99		
											Bondowoso	-2.082	10.285	40	-19.84		
											Lumajang	0.334	-5.217	20	-6.38		
# Kraksaan		150.000	150.316	0.0	0	0	2.385	15.373	0	0	Paiton	-3.215	-7.076	30	41.37		
											Gending	1.846	9.764	38	18.57		
											Probolinggo	-1.015	-18.062	69	5.61		
# Lumajang		146.000	150.316	0.0	0	0	1.640	10.663	0	0	Probolinggo	-0.757	-2.363	10	30.52		
											Tanggul	-0.549	-6.327	24	8.64		
											Jember	-0.334	-1.973	8	16.68		
# Paiton		150.000	150.316	0.0	0	0	-3.255	-3.049	0	0	Situbondo	-0.508	-6.303	24	8.03		
											Kraksaan	3.215	4.673	22	56.68		
											Bus_02	0.548	4.679	18	11.63		
# Probolinggo		150.500	150.316	0.0	0	0	-1.773	-10.690	0	0	Kraksaan	1.015	14.467	56	7.00		
											Lumajang	0.757	-3.777	15	-19.66		
# Situbondo		150.500	150.316	0.0	0	0	1.134	-4.149	0	0	Paiton	0.508	-2.631	10	-18.95		
											Bondowoso	0.499	7.146	28	6.96		
											Banyuwangi	-2.140	-0.366	8	98.57		
# Tanggul		148.000	150.316	0.0	0	0	-0.448	-9.265	0	0	Jember	-0.100	6.747	26	-1.49		
											Lumajang	0.549	2.518	10	21.29		

\* Indicates a voltage regulated bus (voltage controlled or swing type machine connected to it)  
# Indicates a bus with a load mismatch of more than 0.1 MVA

## Hasil Simulasi Perhitungan *Load Flow* Gangguan Hubung Singkat Pada Saluran Situbondo – Paiton

Project:  
Location:  
Contract:  
Engineer:  
Filename: Heru

**ETAP PowerStation**  
4.0.0C

Study Case: LF

Page: 1  
Date: 03-01-2005  
SN: KLGCONSULT  
Revision: Base  
Config.: Normal

### LOAD FLOW REPORT

#	Bus ID	Voltage			Generation		Motor Load		Static Load		ID	Load Flow				XFMR	
		kV	kV	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar		MW	Mvar	Amp	% PF	% Tap	
#	Banyuwangi	145.700	150.201	0.0	0	0	4.485	51.385	0	0	Situbondo	-1.481	-14.910	58	9.88		
											Genteng	-1.500	-17.597	68	8.49		
											Jember	-1.504	-18.878	73	7.94		
#	Bondowoso	148.100	150.201	0.0	0	0	1.768	80.621	0	0	Situbondo	0.040	-25.533	98	-0.16		
											Jember	-1.808	-55.088	212	3.28		
	* Bus_01	13.800	13.800	0.0	-0.592	-2.969	0	0	0	0	Bus_02	-0.592	-2.969	127	19.56		
	Bus_02	500.000	500.373	0.0	0	0	0	0	0	0	Bus_01	0.592	2.972	3	19.54		
											Paiton	-0.592	-2.970	3	19.56		
#	Gending	150.500	150.201	0.0	0	0	-1.837	-17.776	0	0	Kraksaan	1.837	17.776	69	10.28		
#	Genteng	152.000	150.201	0.0	0	0	-0.812	-0.884	0	0	Banyuwangi	1.500	13.723	53	10.87		
											Jember	-0.688	-12.840	49	5.35		
#	Jember	146.900	150.201	0.0	0	0	-0.806	-6.769	0	0	Genteng	0.688	5.163	20	13.21		
											Tanggul	-1.641	-32.638	126	5.02		
											Bondowoso	1.808	50.379	194	3.59		
											Lumajang	-1.553	-24.368	94	6.36		
											Banyuwangi	1.504	8.234	32	17.97		
#	Kraksaan	150.000	150.201	0.0	0	0	-3.942	-27.545	0	0	Paiton	2.126	15.663	61	13.45		
											Gending	-1.837	-20.050	77	9.13		
											Probolinggo	3.654	31.933	124	11.37		
#	Lumajang	146.000	150.201	0.0	0	0	-0.416	7.553	0	0	Probolinggo	-2.601	-34.599	133	7.50		
											Tanggul	1.464	9.856	38	14.69		
											Jember	1.553	17.190	66	9.00		
#	Paiton	150.000	150.201	0.0	0	0	1.533	15.089	0	0	Kraksaan	-2.126	-18.061	70	11.69		
											Bus_02	0.592	2.972	12	19.55		
#	Probolinggo	150.500	150.201	0.0	0	0	1.053	7.054	0	0	Kraksaan	-3.654	-35.522	137	10.23		
											Lumajang	2.601	28.469	110	9.10		
#	Situbondo	150.500	150.201	0.0	0	0	-1.441	-32.447	0	0	Bondowoso	-0.040	21.411	82	-0.19		
											Banyuwangi	1.481	11.036	43	13.30		
#	Tanggul	148.000	150.201	0.0	0	0	-0.177	-15.603	0	0	Jember	1.641	29.262	113	5.60		
											Lumajang	-1.464	-13.659	53	10.66		

\* Indicates a voltage regulated bus (voltage controlled or swing type machine connected to it)

# Indicates a bus with a load mismatch of more than 0.1 MVA

## Hasil Simulasi Perhitungan Load Flow Gangguan Hubung Singkat Pada Saluran Probolinggo – Lumajang

Project:  
Location:  
Contract:  
Engineer:  
Filename: Heru

**ETAP PowerStation**  
4.0.0C

Study Case: LF

Page: 1  
Date: 03-01-2005  
SN: KLGCONSULT  
Revision: Base  
Config: Normal

### LOAD FLOW REPORT

#	Bus ID	Voltage			Generation		Motor Load		Static Load		ID	Load Flow				XFMR	
		kV	kV	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar		MW	Mvar	Amp	% PF	% Tap	
#	Banyuwangi	145.700	150.123	0.0	0	0	2.753	12.219	0	0	Situbondo	-0.695	3.958	15	-17.29		
											Genteng	-1.991	-10.092	40	19.35		
											Jember	-0.067	-6.085	23	1.10		
#	Bondowoso	148.100	150.123	0.0	0	0	4.207	31.690	0	0	Situbondo	-3.328	-8.706	36	35.71		
											Jember	-0.879	-22.984	88	3.82		
	* Bus_01	13.800	13.800	0.0	-0.450	-1.816	0	0	0	0	Bus_02	-0.450	-1.816	78	24.06		
	Bus_02	500.000	500.228	0.0	0	0	0	0	0	0	Bus_01	0.450	1.817	2	24.05		
											Paiton	-0.451	-1.820	2	24.05		
#	Gending	150.500	150.123	0.0	0	0	1.646	14.914	0	0	Kraksaan	-1.646	-14.914	58	10.97		
#	Genteng	152.000	150.123	0.0	0	0	-2.765	-5.964	0	0	Banyuwangi	1.991	6.222	25	30.47		
											Jember	0.774	-0.258	3	-94.86		
#	Jember	146.900	150.123	0.0	0	0	-0.462	8.560	0	0	Genteng	-0.774	-7.410	29	10.40		
											Tanggul	0.506	-9.484	37	-5.33		
											Bondowoso	0.879	18.280	70	4.81		
											Lumajang	-0.216	-5.398	21	4.00		
											Banyuwangi	0.067	-4.548	17	-1.48		
#	Kraksaan	150.000	150.123	0.0	0	0	-5.810	8.253	0	0	Paiton	4.637	-10.807	45	-39.43		
											Gending	1.646	12.642	49	12.91		
											Probolinggo	-0.474	-10.088	39	4.69		
#	Lumajang	146.000	150.123	0.0	0	0	-1.066	7.170	0	0	Tanggul	0.850	-5.397	21	-15.56		
											Jember	0.216	-1.773	7	-12.10		
#	Paiton	150.000	150.123	0.0	0	0	3.739	24.531	0	0	Situbondo	0.448	-34.763	134	-1.29		
											Kraksaan	-4.637	8.411	37	-48.28		
											Bus_02	0.451	1.821	7	24.04		
#	Probolinggo	150.500	150.123	0.0	0	0	-0.474	-6.502	0	0	Kraksaan	0.474	6.502	25	7.26		
#	Situbondo	150.500	150.123	0.0	0	0	-3.575	-22.611	0	0	Paiton	-0.448	25.852	99	-1.73		
											Bondowoso	3.328	4.587	22	58.72		
											Banyuwangi	0.695	-7.828	30	-8.84		
#	Tanggul	148.000	150.123	0.0	0	0	1.356	-7.709	0	0	Jember	-0.506	6.111	24	-8.26		
											Lumajang	-0.850	1.598	7	-46.96		

\* Indicates a voltage regulated bus (voltage controlled or swing type machine connected to it)  
# Indicates a bus with a load mismatch of more than 0.1 MVA

## Hasil Simulasi Perhitungan *Load Flow* Gangguan Hubung Singkat Pada Saluran Tanggul – Lumajang

Project:  
Location:  
Contract:  
Engineer:  
Filename: Heru

**ETAP PowerStation**  
4.0.0C

Study Case: LF

Page: 1  
Date: 03-01-2005  
SN: KLGCONSULT  
Revision: Base  
Config: Normal

### LOAD FLOW REPORT

	Bus ID	Voltage			Generation		Motor Load		Static Load		ID	Load Flow				XFMR	
		kV	kV	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar		MW	Mvar	Amp	% PF	% Tap	
#	Banyuwangi	145.700	150.301	0.0	0	0	0.165	3.677	0	0	Situbondo	1.098	4.107	16	25.83		
											Genteng	-2.604	-7.235	30	33.87		
											Jember	1.341	-0.549	6	-92.55		
#	Bondowoso	148.100	150.301	0.0	0	0	-1.449	32.939	0	0	Situbondo	-0.918	-21.777	84	4.21		
											Jember	2.367	-11.161	44	-20.75		
*	Bus_01	13.800	13.800	0.0	-0.514	-4.453	0	0	0	0	Bus_02	-0.514	-4.453	188	11.47		
	Bus_02	500.000	500.558	0.0	0	0	0	0	0	0	Bus_01	0.514	4.458	5	11.46		
											Paiton	-0.514	-4.460	5	11.45		
#	Gending	150.500	150.301	0.0	0	0	2.055	12.151	0	0	Kraksaan	-2.055	-12.151	47	16.68		
#	Genteng	152.000	150.301	0.0	0	0	-5.239	-8.837	0	0	Banyuwangi	2.604	3.356	16	61.30		
											Jember	2.635	5.481	23	43.33		
#	Jember	146.900	150.301	0.0	0	0	5.075	32.372	0	0	Genteng	-2.635	-13.167	52	19.62		
											Tanggul	1.016	-7.653	30	-13.17		
											Bondowoso	-2.367	6.446	26	-34.47		
											Lumajang	0.251	-7.888	30	-3.18		
											Banyuwangi	-1.341	-10.109	39	13.15		
#	Kraksaan	150.000	150.301	0.0	0	0	1.908	24.714	0	0	Paiton	-2.660	-13.556	53	19.25		
											Gending	2.055	9.873	39	20.38		
											Probolinggo	-1.303	-21.032	81	6.18		
#	Lumajang	146.000	150.301	0.0	0	0	0.374	-3.262	0	0	Probolinggo	-0.123	2.562	10	-4.79		
											Jember	-0.251	0.700	3	-33.80		
#	Paiton	150.000	150.301	0.0	0	0	-1.641	7.558	0	0	Situbondo	-1.533	-23.175	89	6.60		
											Kraksaan	2.660	11.153	44	23.20		
											Bus_02	0.514	4.464	17	11.44		
#	Probolinggo	150.500	150.301	0.0	0	0	-1.426	-8.737	0	0	Kraksaan	1.303	17.438	67	7.45		
											Lumajang	0.123	-8.701	33	-1.41		
#	Situbondo	150.500	150.301	0.0	0	0	-1.353	-23.906	0	0	Paiton	1.533	14.243	55	10.70		
											Bondowoso	0.918	17.649	68	5.20		
											Banyuwangi	-1.098	-7.986	31	13.62		
#	Tanggul	148.000	150.301	0.0	0	0	1.016	-4.272	0	0	Jember	-1.016	4.272	17	-23.15		

\* Indicates a voltage regulated bus ( voltage controlled or swing type machine connected to it)  
# Indicates a bus with a load mismatch of more than 0.1 MVA

## Hasil Simulasi Perhitungan *Load Flow* Gangguan Hubung Singkat Pada Saluran Situbondo – Bondowoso

Project:  
Location:  
Contract:  
Engineer:  
Filename: Heru

**ETAP PowerStation**  
4.0.0C

Study Case: LF

Page: 1  
Date: 03-01-2005  
SN: KLGCONSULT  
Revision: Base  
Config: Normal

### LOAD FLOW REPORT

#	Bus ID	Voltage			Generation		Motor Load		Static Load		ID	Load Flow				XFMR	
		kV	kV	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar		MW	Mvar	Amp	% PF	% Tap	
#	Banyuwangi	145.700	150.012	0.0	0	0	0.635	25.902	0	0	Situbondo	0.563	-4.188	16	-13.33		
											Genteng	-0.226	-10.075	39	2.24		
											Jember	-0.972	-11.638	45	8.33		
#	Bondowoso	148.100	150.012	0.0	0	0	1.958	20.556	0	0	Jember	-1.958	-20.556	79	9.48		
*	Bus_01	13.800	13.800	0.0	-0.445	-0.167	0	0	0	0	Bus_02	-0.445	-0.167	20	93.61		
	Bus_02	500.000	500.022	0.0	0	0	0	0	0	0	Bus_01	0.445	0.167	1	93.61		
											Paiton	-0.444	-0.170	1	93.44		
#	Gending	150.500	150.012	0.0	0	0	-4.584	-1.742	0	0	Kraksaan	4.584	1.742	19	93.48		
#	Genteng	152.000	150.012	0.0	0	0	0.739	1.398	0	0	Banyuwangi	0.226	6.211	24	3.63		
											Jember	-0.964	-7.610	30	12.57		
#	Jember	146.900	150.012	0.0	0	0	-5.872	-6.226	0	0	Genteng	0.964	-0.048	4	-99.88		
											Tanggul	1.105	-7.210	28	-15.15		
											Bondowoso	1.958	15.859	61	12.26		
											Lumajang	0.872	-3.397	13	-24.87		
											Banyuwangi	0.972	1.021	5	68.97		
#	Kraksaan	150.000	150.012	0.0	0	0	8.360	29.387	0	0	Paiton	-4.587	-6.580	31	57.19		
											Gending	-4.584	-4.011	23	75.26		
											Probolinggo	0.812	-18.796	72	-4.31		
#	Lumajang	146.000	150.012	0.0	0	0	-0.637	2.398	0	0	Probolinggo	2.182	8.510	34	24.83		
											Tanggul	-0.672	-7.145	28	9.37		
											Jember	-0.872	-3.764	15	22.57		
#	Paiton	150.000	150.012	0.0	0	0	-5.327	18.427	0	0	Situbondo	0.295	-22.784	88	-1.30		
											Kraksaan	4.587	4.188	24	73.85		
											Bus_02	0.444	0.170	2	93.43		
#	Probolinggo	150.500	150.012	0.0	0	0	2.993	-0.590	0	0	Kraksaan	-0.812	15.215	59	-5.33		
											Lumajang	-2.182	-14.625	57	14.75		
#	Situbondo	150.500	150.012	0.0	0	0	0.859	-14.210	0	0	Paiton	-0.295	13.886	53	-2.13		
											Banyuwangi	-0.563	0.324	3	-86.67		
#	Tanggul	148.000	150.012	0.0	0	0	0.432	-7.194	0	0	Jember	-1.105	3.842	15	-27.64		
											Lumajang	0.672	3.352	13	19.67		

\* Indicates a voltage regulated bus (voltage controlled or swing type machine connected to it)

# Indicates a bus with a load mismatch of more than 0.1 MVA



Nomer : 32/SIG/PKN/2004  
Perihal : Praktek Kerja Nyata

Gending, 08 Desember 2004

Kepada Yth.  
Bpk. Ir. Wayan Sujana, MT  
Dekan  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Nasional Malang  
Jl. Bendungan Sigura-gura No.2  
Malang 65145

Dengan hormat,

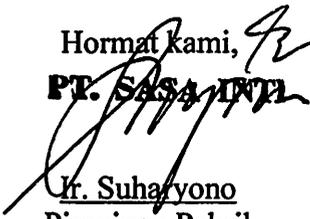
Menjawab surat Bapak No. ITN-251/VII.PKN/2/2004 tertanggal 13 Oktober 2004 perihal permohonan Praktek Kerja Nyata atas nama :

1. Heru Utomo

Dengan ini kami beritahukan bahwa kami bisa menerima mahasiswa tersebut untuk melaksanakan PKN di tempat kami dengan schedule mulai tanggal 3 s/d 31 Januari 2005. Untuk itu kepada mahasiswa yang bersangkutan 1 minggu sebelum pelaksanaan diharap kedatangannya ke PT. Sasa Inti dengan membawa pas foto ukuran 3x4 sebanyak 3 lembar.

Demikian dan terima kasih atas perhatiannya.

Hormat kami,  
**PT. SASA INTI**

  
Ir. Suharyono  
Pimpinan Pabrik

CC:-File  
SN/ah



**BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI**  
**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO/ENERGI LISTRIK S-1**

1	Nama Mahasiswa : <i>HERU UTOMO</i> .....		Nim : <i>97.12.021</i> .....	
2	Keterangan	Tanggal	Waktu	Tempat
	Pelaksanaan	<i>1. Maret. 2009</i>	.....	Ruang .....
Spesifikasi judul *)				
3	a. Sistem Tenaga Elektrik		d. Sistem Kendali	
	b. Mesin mesin Elektrik & Elda		e. Teknik Tegangan Tinggi	
	c. Sistem Pemb. Energi Elektrik		f. lainnya .....	
4	Judul Proposal yang diseminarkan Mahasiswa	<i>STUDI TENTANG FENOMENA VOLTAGE SAG (DIPS) DAN DAMPAK NYA OPERASIONAL INDUSTRI</i>		
5	Perubahan Judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian	.....		
6	Catatan : .....			
Persetujuan Judul Skripsi				
7	Disetujui, Dosen Keahlian II		Disetujui, Dosen Keahlian I	
	Ir. <i>Chorut Santia</i>		Ir. <i>YUSUF ISMAIL N. MT</i>	
Mengetahui, Ketua Jurusan.		Disetujui, Calon Dosen Pembimbing ybs.		
Ir. I Made Wartana, MT Nip: 131 991 182		Ir. <i>W. Santia</i> PM.....		

Perhatian :

\*) dilingkari a, b, c, ..... atau f. sesuai bidang keahlian.



## LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

1. Nama : Heru Utomo
2. NIM : 97.12.031
3. Jurusan : Teknik Elektro
4. Konsetrasi : Teknik Energi Listrik (S – 1)
5. Judul Skripsi : Studi Tentang Fenomena *Voltage Sags* (*Dips*) Dan Dampaknya Terhadap Operasionalisasi Industri di PT. SASA INTI Gending-Probolinggo
  
6. Tanggal Mengajukan Skripsi : 2 Februari 2004
7. Tanggal Selesai Skripsi : 31 Maret 2005
8. Pembimbing : Ir. Widodo Pudji M., MT
9. Telah Dievaluasi Dengan Nilai : 78 ( B ) *g*

Malang, 14 April 2005

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Elektro

**Ir. F. Yudi Limpraptono, MT**  
NIP. Y. 10396500274

Disetujui,  
Dosen Pembimbing

**Ir. Widodo Pudji M., MT**  
NIP. 102.8700171



**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

1. Nama : Heru Utomo
2. NIM : 97.12.031
3. Jurusan : Teknik Elektro
4. Konsetrasi : Teknik Energi Listrik (S – 1)
5. Judul Skripsi : Studi Tentang Fenomena *Voltage Sags (Dips)* Dan Dampaknya Terhadap Operasionalisasi Industri di PT. SASA INTI Gending-Probolinggo

Dipertahankan di hadapan majelis panitia skripsi jenjang stata satu (S-1)

pada :

Hari : Kamis  
Tanggal : 31 Maret 2005  
Dengan Nilai : 72.90 ( B ) *h*



**Panitia Ujian Skripsi**

Ir. Mochtar Asroni, MSME  
Ketua

Ir. F. Yudi Limproptono, MT  
Sekretaris

**Anggota Penguji**

Ir. I Made Wartana, MT  
Penguji Pertama

Ir. Junior Siahaan  
Penguji Kedua