

SKRIPSI

PENINGKATAN PERFORMASI SISTEM DENGAN INTERKONEKSI DG PADA SISTEM DISTRIBUSI PT. INDOCEMENT TUNGGAL PRAKARSA MENGGUNAKAN *SOFTWARE POWER WORLD*



Disusun oleh :
EDO EKA PRATAMA
1112010



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2015**

LEMBAR PERSETUJUAN

**PENINGKATAN PERFORMANSI SISTEM DENGAN INTERKONEKSI
DG PADA SISTEM DISTRIBUSI PT. INDOCEMENT TUNGGAL
PRAKARSA MENGGUNAKAN *SOFTWARE POWER WORLD***

SKRIPSI

*Disusun dan diajukan untuk melengkapi dan memenuhi persyaratan
guna mencapai gelar Sarjana Teknik*

Disusun oleh :

**EDO EKA PRATAMA
NIM.1112010**

Diperiksa dan Disetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

**Ir. Teguh Herbasuki, MT.
NIP.Y. 1038900209**

**Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT.
NIP.196105031992021001**

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1

**M.Ibrahim Ashari, ST.MT.
NIP.P. 1030100358**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2015**

ABSTRAK

PENINGKATAN PERFORMASI SISTEM DENGAN INTERKONEKSI DG PADA SISTEM DISTRIBUSI PT. INDOCEMENT TUNGGAL PRAKARSA MENGUNAKAN SOFTWARE POWER WORLD

Edo EkaPratama (1112010)

Dosen pembimbing :Ir. TeguhHerbasuki, MT¹⁾, Dr. Eng. Ir. I Made Wardana, MT²⁾
Jurusan Teknik Elektro S-1, Institut Teknologi Nasional Malang

Untuk meningkatkan efisiensi dalam proses produksi suatu industri, tenaga listrik digunakan untuk memasok beban maksimum pada penggunaan peralatan mesin mesin produksi. Akibatnya terjadi peningkatan aliran daya pada saluran distribusi yang menyebabkan terjadinya penurunan tegangan dan peningkatan rugi rugi daya saluran disistem distribusi. *Distributed Generation* (DG) yang kapasitas kecil dan tegangan nominal rendah menjadi salah satu alternative dalam membangkitkan energy listrik. Pada lokasi bus 9 "area cement mill" interkoneksi DG pada system distribusi difungsikan untuk memperbaiki profil tegangan dan menurunkan rugi rugi daya pada saluran. Untuk menguji efektifitas interkoneksi DG tersebut, simulasi dilakukan dengan software *Power World* versi 17 yang diterapkan pada system distribusi PT. Indocement Tungal Prakarsa, Tbk. Dengan pemasangan 2 unit DG pada lokasi dan kapasitas yang tepat. *mikrohydo* dan *windturbine* dengan kapasitas daya masing masing sebesar 5 MW, mampu meningkatkan profil tegangan terendah pada bus 9 yang sebelumnya 0,89 pu menjadi 0,92 pu disamping itu dapat menurunkan rugi rugi daya saluran sebesar 3,68 MW.

Kata Kunci : DG, Mikrohydo, Power World, Profil Tegangan, Rugi-rugi Daya, Windturbine

KATA PENGANTAR

Puji Syukur Kehadiran Allah SWT atas berkat dan rahmat-Nya, sehingga kami selaku penyusun dapat menyelesaikan Laporan Skripsi ini yang berjudul “Peningkatan Performasi Sistem dengan Interkoneksi DG pada Sistem Distribusi PT. Indocement Tungal Prakarsa Menggunakan Software *Power World*” dapat terselesaikan.

Adapun maksud dan tujuan dari penulisan laporan ini merupakan salah satu syarat untuk dapat menyelesaikan studi dan mendapatkan gelar Sarjana Program Studi Teknik Elektro S-1, Konsentrasi Teknik Energi Listrik ITN Malang.

Sebagai pihak penyusun penulis menyadari tanpa adanya kemauan dan usaha serta bantuan dari berbagai pihak, maka laporan ini tidak dapat diselesaikan dengan baik. Oleh sebab itu, penyusun mengucapkan terima kasih kepada yang terhormat :

1. Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MT selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Ir. H.Anang Subardi, MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.
3. M.Ibrahim Ashari,ST,MT selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Ir.Teguh Hebasuki, MT selaku Dosen Pembimbing1.
5. Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT selaku Dosen Pembimbing2.
6. Kedua orang tua dan teman-teman yang turut memberi dukungan terhadap penyelesaian skripsi.

Penulis menyadari bahwa masih banyaknya kekurangan yang terdapat pada skripsi ini, oleh karena itu penulis berharap para pembaca dapat memberikan kritik dan saran yang membangun agar skripsi ini menjadi lebih sempurna.

Malang, 1 Oktober 2015

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
ABTRAK	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	ix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Sistematika Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	3
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
2.1. Tinjauan Umum	5
2.2. Sistem Distribusi Tenaga Listrik	5
2.2.1. Pengelompokan Jaringan Distribusi	7
2.2.2. Struktur Jaringan Distribusi	8
2.2.3. Sistem Jaringan Distribusi Radial.....	8
2.2.4. Komponen Saluran Distribusi Tegangan Menengah	9
2.2.4.1. Tiang	10
2.2.4.2. Isolator	10
2.2.4.3. Penghantar	11
2.2.4.4. Transformator	12
2.2.5. Prosedur Pengoprasian Sistem Distribusi	12
2.3. Daya Dalam Sistem Tenaga	13
2.4. Aliran Daya	14
2.2.4.4. . Aliran Daya dengan Metode Newton-Rhapson	15

2.5.	Rugi Rugi Pada Sistem Tenaga Listrik.....	16
2.6.	Jatuh Tegangan	17
2.7.	Analisa Rugi Rugi Daya Pada Saluran	18
2.8.	Distributed Generation	19
2.8.1.	Definisi <i>Distributed Generation</i>	19
2.8.2.	Teknologi <i>Distributed Generation</i> di Indonesia.....	20
2.8.3.	Aplikasi Teknologi <i>Distributed Generation</i>	21
2.8.4.	Model Tipe <i>Distributed Generation</i>	22
2.8.4.1.	Pembangkit Tenaga Listrik <i>Mikrohydro</i>	22
2.8.4.2.	Pembangkit Listrik Tenaga Angin	23
2.8.5.	Pengaruh Pemasangan <i>Distributed Generation</i>	24
2.8.5.1.	Pengaruh <i>DG</i> Terhadap Unjuk Kerja Sistem	24
2.8.5.2.	Pengaruh <i>DG</i> Terhadap <i>Power Quality</i>	25
2.8.5.3.	Pengaruh <i>DG</i> Terhadap Arus Hubung Singkat	25
2.8.6.	Pemasangan Interkoneksi <i>DG</i>	26
2.8.6.1.	Sumber Energi Utama	26
2.8.6.2.	Power Converter	27
2.8.6.3.	Sistem Interface dan Peralatan Proteksi	27
2.8.7.	Fungsi Penggunaan <i>DG</i>	27
2.9.	Unjuk Kerja Sistem	28

BAB III METODELOGI PENELITIAN

3.1.	Metode yang Digunakan	29
3.2.	<i>Software Power World</i>	29
3.3.	Metode Penggunaan <i>Software</i>	31
3.4.	Input Data Parameter	32
3.5.	Hitung Aliran Daya	32
3.6.	Metode Pemasangan <i>DG</i>	32
3.7.	Cek Hasil Analisa dan Lakukan Pemasangan <i>DG</i>	32
3.8.	Algoritma Simulasi Pada <i>Software Power World</i>	33
3.9.	<i>Flowchart</i> Penyelesaian Masalah	33

BAB IV HASIL DAN ANALISA HASIL

4.1. Data Sistem Distribusi PT. Indocement Tungal Prakarsa	35
4.2. Hasil <i>Load Flow</i> pada kondisi awal	36
4.3. Lokasi Pemasangan <i>DG</i> Untuk Memperbaiki Profil Tegangan	37
4.4. Hasil <i>Load Flow</i> Sesudah Pemasangan <i>DG</i>	38
4.5. Analisa Perbandingan Kondisi Awal dan Sesudah Pemasangan <i>DG</i>	42
4.6. Penempatan <i>DG</i> pada <i>Software Power World</i>	45

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan	46
5.2. Saran	46

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Skema Penyaluran Tenaga Listrik Dari Pembangkit ke Beban	6
Gambar 2.2.	Konfigurasi Pengelompokan Sistem Tenaga Listrik	7
Gambar 2.3.	Sistem Jaringan Distribusi Radial	9
Gambar 2.4.	Kawat Penghantar AAAC	12
Gambar 2.5.	Trafo Distibusi Tiga Fasa	15
Gambar 2.6.	Model Saluran Distribusi Untuk Perhitungan Aliran Daya dan Rugi Rugi Daya Pada Saluran	18
Gambar 2.7.	Bagan Sederhana Pembangkit Tenaga <i>Mikrohydro</i>	23
Gambar 2.8.	Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Angin	24
Gambar 2.9.	Diagram Block Interkoneksi DG	26
Gambar 3.1.	Tampilan <i>Software Power World</i>	31
Gambar 3.2.	<i>Flowchart</i> Penyelesaian Masalah	34
Gambar 4.1.	<i>Single Line Diagram</i> PT. Indocement Tunggal Prakarsa	35
Gambar 4.2.	Grafik Profil Tegangan Sebelum dan Sesudah Pemasangan <i>DG</i>	44
Gambar 4.3.	Grafik Rugi Rugi Saluran	45
Gambar 4.4.	Pemasangan Interkonesi <i>DG</i> yang Optimal	45

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Tabel Penggolongan Rel Admitansi Bus	15
Tabel 2.2.	Harga Jual Pembangkit Listrik Tenaga Listrik Sektor Mikro	21
Tabel 2.3.	Pemanfaatan Pembangkitan di Indonesia yang di Interkoneksi dengan Jaringan Tegangan Menengah	21
Tabel 4.1.	Data Generator PT.Indocement Tunggal Prakarsa	35
Tabel 4.2.	Data Saluran PT.Indocement Tunggal Prakarsa.....	35
Tabel 4.3.	DataBeban PT.Indocement Tunggal Prakarsa	36
Tabel 4.4.	Hasil <i>Load Flow</i> Pada Kondisi Awal	36
Tabel 4.5.	Hasil <i>Load Flow</i> Rugi Rugi Saluran Pada Kondisi Awal.....	37
Tabel 4.6.	Hasil <i>Load Flow</i> Profil Tegangan Sesudah Pemasangan <i>DG</i> pada Bus 8	38
Tabel 4.7.	Hasil <i>Load Flow</i> Rugi Rugi Saluran Sesudah Pemasangan <i>DG</i> pada Bus 8	38
Tabel 4.8.	Hasil <i>Load Flow</i> Profil Tegangan Sesudah Pemasangan <i>DG</i> pada Bus 9	39
Tabel 4.9.	Hasil <i>Load Flow</i> Rugi Rugi Saluran Sesudah Pemasangan <i>DG</i> pada Bus 9	39
Tabel 4.10.	Hasil <i>Load Flow</i> Profil Tegangan Sesudah Pemasangan <i>DG</i> pada Bus 10	40
Tabel 4.11.	Hasil <i>Load Flow</i> Rugi Rugi Saluran Sesudah Pemasangan <i>DG</i> pada Bus 10	39
Tabel 4.12.	Hasil <i>Load Flow</i> Profil Tegangan Sesudah Pemasangan <i>DG</i> pada Bus 11	41
Tabel 4.13.	Hasil <i>Load Flow</i> Rugi Rugi Saluran Sesudah Pemasangan <i>DG</i> pada Bus 11	41
Tabel 4.14.	Tabel Perbandingan Kondisi Awala dan Sesudah Pemasangan <i>DG</i>	42

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Didalam industri semen, aliran tenaga listrik merupakan suatu sarana yang sangat penting, karna ketergantungannya yang sangat tinggi kepada tenaga listrik. Suatu pabrik semen membutuhkan kurang lebih 750 kwh energi listrik untuk menghasilkan ribuan ton semen dan angka ini bervariasi sesuai dengan kapasitas, rancang bangun, dan pengoprasian dari pabrik semen tersebut^[1].

Peningkatan kebutuhan energi listrik tentu harus diiringi dengan peningkatan pasokan energi listriknya juga. Pemanfaatan DG sebagai alternatif untuk memenuhi pertumbuhan beban juga dapat memberikan pengaruh pada sistem distribusi tenaga listrik.

DG merupakan pencrapan pembangkit listrik skala kecil yang terhubung ke jaringan distribusi tenaga listrik atau terhubung secara langsung dengan beban. DG ini tidak terpusat pada satu tempat saja seperti halnya *power plant-power plant* yang besar, melainkan ialah dapat terdistribusi/ interkoneksi, yang dimana dapat didistribusikan sepanjang saluran sesuai dengan potensi yang dimiliki.^[2] DG menggunakan generator berukuran lebih kecil dari stasiun pembangkitan terpusat. DG biasanya mempunyai kapasitas kurang dari 10 MW. Interkoneksi DG ke dalam jaringan distribusi memiliki pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan performansi sistem distribusi tenaga listrik pada PT. Indocement Tunggal Prakarsa, Tbk yang meliputi: perbaikan profil tegangan, dan penurunan rugi-rugi daya saluran^[3].

Untuk itu, skripsi ini akan membahas evaluasi peningkatan performansi sistem yang meliputi: perbaikan profil tegangan dan penurunan rugi-rugi daya pada sistem distribusi 33kV dan 20 kv di PT.Indocement Tunggal Prakarsa, Tbk. Dengan memasang DG pada bus yang mengalami nilai tegangan terendah dengan menggunakan software *Power World* versi 17. Hasil yang dicapai diharapkan dapat mencapai kepuasan dan menunjukkan unjuk kerja yang baik pada sistem.

1.2 Rumusan Masalah

Sesuai dengan latar belakang dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pemasangan DG yang tepat untuk perbaikan profil tegangan di PT. Indocement Tunggul Prakarsa, Tbk ?
2. Berapa kapasitas daya pada DG, guna mengurangi rugi rugi daya saluran di PT. Indocement Tunggul Prakarsa, Tbk ?

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam pembuatan skripsi ini adalah :

1. Memperbaiki profil tegangan, sesuai nilai standar yang diijinkan, dengan cara pemasangan DG pada lokasi yang tepat.
2. Mengurangi rugi-rugi daya (Ploss) pada sistem saluran distribusi PT. Indocement Tunggul Prakarsa. Dengan cara menentukan kapasitas daya yang sesuai.

1.4 Batasan Masalah

Agar tidak terjadi penyimpangan antara maksud dan tujuan dalam penyusunan skripsi ini, maka penulis memberikan batasan masalah sebagai berikut:

1. Model DG yang dikembangkan adalah *mikrohydro*, dan *windturbine* yang dipasang pada sistem jaringan distribusi PT. Indocement Tunggul Prakarsa, Simulasi dilakukan dengan menggunakan software "*Power World*"
2. Besarnya kapasitas energi yang dihasilkan oleh *windturbine*, dan *mikrohidro* diasumsikan sesuai kebutuhan yang tepat.
3. Tidak membahas mengenai nilai faktor biayanya

1.5 Metodologi Penelitian

Metodologi yang dipakai dalam pembuatan skripsi ini adalah:

1.5.1 Kajian literatur

Kajian literatur yaitu kajian pustaka untuk mempelajari teori-teori yang terkait melalui literatur yang ada, yang berhubungan dengan permasalahan. Studi literatur yang digunakan meliputi buku, jurnal

ilmiah, beberapa user manual peralatan dan dari nara sumber yang kompeten.

1.5.2 Pengambilan Data

Bentuk Data Yang Di gunakan ;

- Data kualitatif, yaitu data yang berbentuk diagram. Dalam hal ini berupa *single line diagram* pada sistem distribusi 33 kV dan 20 kV PT. Indocement Tunggal Prakarsa, Tbk.
- Data kuantitatif, yaitu berupa data yang dapat dihitung atau data yang berbentuk angka guna mempermudah proses pengerjaan skripsi yaitu data grid, data beban, data saluran, dan data trafo

1.5.3 Pemodelan dan Simulasi

Pemodelan pada sistem distribusi 33 kV dan 20 kV PT. Indocement Tunggal Prakarsa, Tbk. ini dilakukan menggunakan *software Power World* dalam bentuk *single line diagram*. Selanjutnya dilakukan simulasi aliran daya (*load flow*).

1.5.4 Pengujian Sistem

Dari hasil perhitungan / simulasi, selanjutnya dilakukan analisa data yang akan digunakan untuk melakukan perbaikan sebagai rekomendasi pada sistem 33 kV dan 20 kV.

1.1 Kesimpulan

Kesimpulan ini berisi poin-poin dari permasalahan yang telah dianalisa. Selain itu diberikan juga saran atau rekomendasi terkait dengan hal yang telah dianalisa.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penyusunan skripsi ini disusun menjadi beberapa bab dan diuraikan dengan pembahasan sesuai daftar isi. Sistematika penyusunannya adalah sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Berisikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II : KAJIAN PUSTAKA

Bab ini membahas tentang teori sistem tenaga listrik, saluran distribusi tenaga listrik, daya dalam sistem tenaga, pengertian DG, sistem per-unit, rugi-rugi saluran, dan jatuh tegangan

BAB III : METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan mengenai metode yang digunakan.

BAB IV : HASIL DAN ANALISA HASIL

Bab ini menjelaskan mengenai analisa sistem aliran daya dan penempatan optimal DG pada sistem 33 kV dan 20 kV PT. Indocement Tunggal Prakarsa, Tbk dari software *Power World* versi 17.

BAB V : KESIMPULAN & SARAN

Merupakan bab terakhir yang memuat intisari dari hasil pembahasan, yang berisikan kesimpulan dan saran yang dapat digunakan sebagai pertimbangan untuk pengembangan penulisan selanjutnya

1.7 Relevansi

Dengan pemasangan DG tersebut diharapkan akan memberikan solusi kepada perusahaan semen PT. Indocement Tunggal Prakarsa, Tbk yaitu dapat meningkatkan profil tegangan yang sesuai standard yang diijinkan, dan dapat mengurangi rugi rugi daya saluran.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Pendahuluan

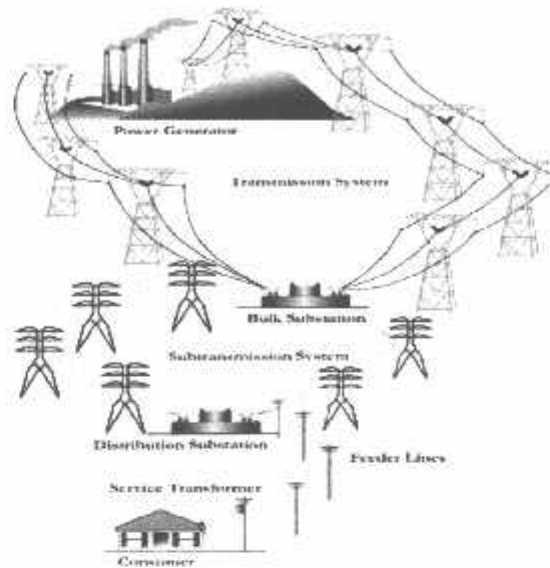
Didalam industri semen, aliran tenaga listrik merupakan suatu sarana yang sangat penting, karna ketergantungannya yang sangat tinggi kepada tenaga listrik. Suatu pabrik semen membutuhkan kurang lebih 750 kwh energi listrik untuk menghasilkan ribuan ton semen dan angka ini bervariasi sesuai dengan kapasitas, rancang bangun, dan pengoprasian dari pabrik semen tersebut^[1]. Peningkatan kebutuhan energi listrik tentu harus diiringi dengan peningkatan pasokan energi listriknya juga.

Dalam proses penyaluran tenaga listrik terdapat tiga bagian utama yaitu pembangkit, sistem transmisi, dan sistem distribusi. Jaringan distribusi merupakan salah satu bagian sekunder dari sistem tenaga listrik yang dimana digunakan untuk menyalurkan daya listrik dari sumber daya listrik yang besar sampai kepada konsumen. Pada saat ini, kebutuhan tenaga listrik di industri semen juga terus meningkat, maka diperlukan suatu sistem pendistribusian tenaga listrik yang baik dari pembangkit hingga kepada konsumen untuk meningkatkan kualitas pelayanan, sekaligus menjaga pelanggaran tarif listrik yang dibeli dari PLN . Oleh sebab itu pemanfaatan *renewable energy* juga sangat bermanfaat dalam meningkatkan kinerja sistem distribusi pada suatu industri, dalam perkembangan teknologi ini pemanfaatan *renewable energy* disebut dengan interkoneksi *Distributed Generation*(DG). Dalam penelitian ini *Distributed Generation* (DG) akan diinterkoneksi pada sistem distribusi listrik PT. Indocement Tungal Prakarsa, Tbk ^[2].

2.2 Sistem Distribusi Tenaga Elektrik

Sistem tenaga listrik merupakan suatu sistem terpadu yang terbentuk oleh hubungan-hubungan peralatan dan komponen komponen listrik. Sistem tenaga listrik ini mempunyai peranan utama untuk menyalurkan energi listrik yang dibangkitkan oleh generator dari pembangkit ke konsumen yang membutuhkan

energi listrik^[4]. Jaringan distribusi PT. Indocement Tunggal Prakarsa berada setelah GI *Citereup* yang berfungsi menurunkan tegangan ke 33 kV dan 20 kV (Jaringan Tegangan Menengah).



Gambar 2.1 Skema penyaluran energi listrik dari pusat pembangkit sampai ke beban

Sumber : <http://electroenergyrenewable.com/>

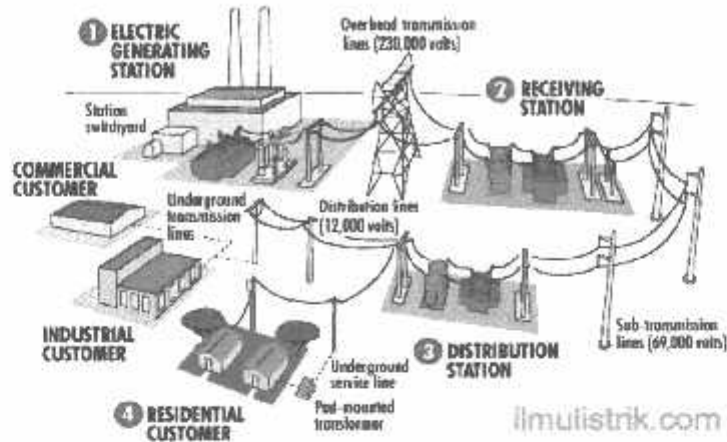
Jaringan yang keluar dari GI biasanya disebut jaringan distribusi. Setelah tenaga listrik disalurkan melalui jaringan distribusi primer maka kemudian tenaga listrik diturunkan tegangannya dalam gardu distribusi menjadi tegangan menengah dan tegangan rendah, kemudian disalurkan ke PT. Indocement Tunggal Prakarsa atau pelanggan (konsumen).

Dalam pendistribusian tenaga listrik ke konsumen, tegangan yang digunakan bervariasi tergantung dari jenis konsumen yang membutuhkan. Untuk konsumen PT. Indocement Tunggal Prakarsa digunakan tegangan menengah 33 kV dan 20 kV. Dengan demikian maka sistem distribusi tenaga listrik, dapat diklasifikasikan menjadi dua bagian sistem yaitu:

1. Sistem distribusi primer (jaringan tegangan menengah).
2. Sistem distribusi sekunder (jaringan tegangan rendah).

Pengklasifikasian sistem distribusi tenaga listrik menjadi dua ini berdasarkan tingkat tegangan distribusinya.

2.2.1 Pengelompokan Jaringan Distribusi Tenaga Listrik



Gambar 2.2 Konfigurasi Pengelompokan Sistem Tenaga Listrik

Sumber : Chapman S.J 1985. *Electric machinery fundamentals*, McGraw-Hill

Untuk kemudahan dan penyederhanaan, lalu diadakan pembagian serta pembatasan-pembatasan seperti pada Gambar diatas:

- Daerah I : Bagian pembangkitan (Generation)
- Daerah II : Bagian penyaluran (Transmission) , bertegangan tinggi (HV,UHV,EHV)
- Daerah III : Bagian Distribusi Primer, bertegangan menengah (6 hingga 33kV).
- Daerah IV : (Di dalam bangunan pada beban/konsumen), Instalasi, bertegangan rendah.

Berdasarkan pembatasan-pembatasan tersebut, maka diketahui bahwa porsi materi Sistem Distribusi adalah Daerah III dan IV, yang pada dasarnya dapat diklasifikasikan menurut beberapa cara, bergantung dari segi apa klasifikasi itu dibuat. Dengan demikian ruang lingkup Jaringan Distribusi adalah:

- SUTM*, terdiri dari : Tiang dan peralatan kelengkapannya, konduktor dan peralatan perlengkapannya, serta peralatan pengaman dan pemutus.
- SKTM*, terdiri dari : Kabel tanah, indoor dan outdoor termination dan lain-lain.
- Gardu trafo*, terdiri dari : Transformator, tiang, pondasi tiang, rangka tempat trafo, LV panel, pipa-pipa pelindung, Arrester,

kabel-kabel, transformator band, peralatan grounding, dan lain-lain.

- d. *SUTR dan SKTR*, terdiri dari: sama dengan perlengkapan/material pada SUTM dan SKTM. Yang membedakan hanya dimensinya.

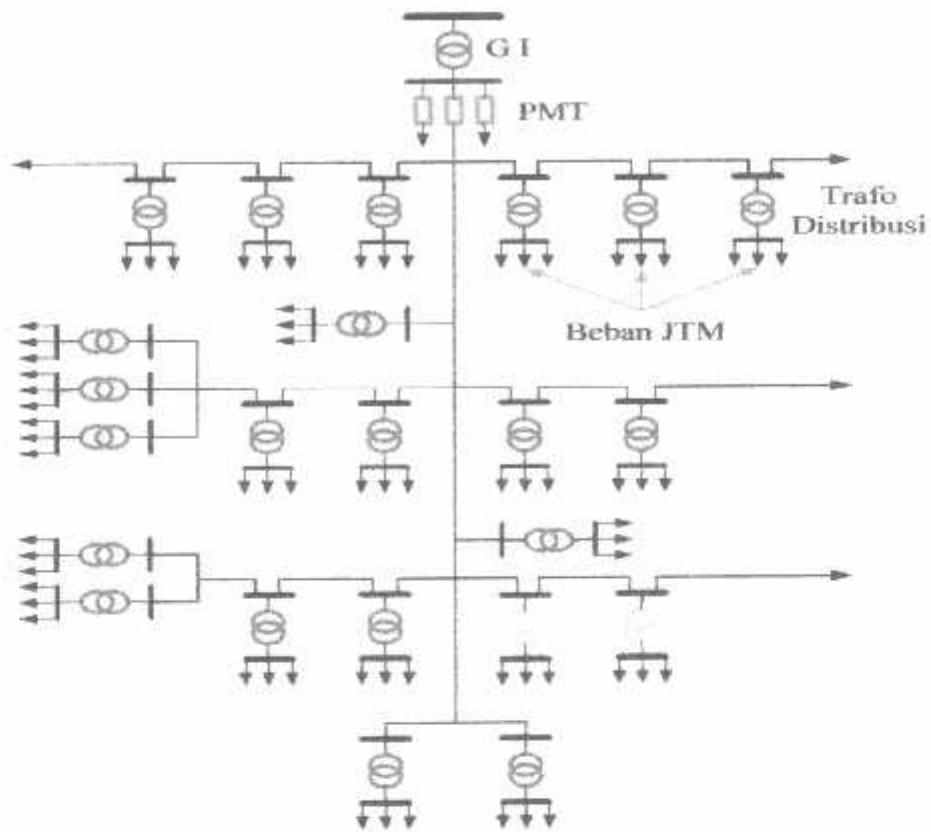
2.2.2 Struktur Jaringan Distribusi Tenaga Listrik ^[2]

Ada beberapa bentuk jaringan yang umum dipergunakan untuk menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik yaitu:

1. Sistem Jaringan Distribusi Radial
2. Sistem Jaringan Distribusi Rangkaian Tertutup (*loop*)
3. Sistem Jaringan Distribusi *mesh*

2.2.3 Sistem Jaringan Distribusi Radial

Merupakan jaringan sistem distribusi primer yang sederhana dan murah biaya investasinya. Pada jaringan ini arus yang paling besar adalah yang paling dekat dengan Gardu Induk. Tipe ini dalam penyaluran energi listrik kurang handal karena bila terjadi gangguan pada penyulang maka akan menyebabkan terjadinya pemadaman pada penyulang tersebut^[5]. Sistem ini terdiri dari saluran utama (*main feeder*) dan saluran cabang (*lateral*) seperti pada gambar 2.2



Gambar 2.3 Sistem Jaringan Distribusi Radial ^[2]

Sumber : Chapman S.J 1985. *Electric machinery fundamentals*, McGraw-Hill

Pelayanan tenaga listrik untuk suatu daerah beban tertentu dilaksanakan dengan memasang transformator disebarkan titik pada jaringan yang sedekat mungkin dengan daerah beban yang dilayani. Untuk daerah bebaan yang menyimpang jauh dari saluran utama maupun saluran cabang, makan akan ditarik lagi saluran tambahan yang dicabangkan pada saluran tersebut.

Kelemahan yang dimiliki oleh sistem radial adalah jatuh tegangan yang cukup besar dan bila terjadi gangguan pada sistem akan mengakibatkan jatuhnya sebagian atau bahkan keseluruhan beban sistem.

2.2.4 Komponen Saluran Distribusi Tegangan Menengah

Ditinjau dari jenis konstruksinya, sistem distribusi listrik dapat dibedakan atas dua jenis yaitu sistem distribusi dengan saluran udara dan sistem distribusi dengan saluran bawah tanah. Namun pada laporan kali ini hanya akan membahas

tentang sistem distribusi dengan saluran udara. Konstruksi dan struktur jaringan sistem distribusi yang akan digunakan dalam sistem distribusi merupakan kompromi antara kepentingan teknis disatu pihak dan alasan ekonomi dilain pihak. Secara teknis, konstruksi dan struktur dari jaringan yang akan digunakan harus memenuhi syarat keandalan minimum jaringan.

Konstruksi jaringan distribusi dengan saluran udara terdiri dari beberapa komponen peralatan utama, yaitu :

2.2.4.1 Tiang

Tiang listrik merupakan salah satu komponen utama dari konstruksi jaringan distribusi dengan saluran udara. Pada jaringan distribusi tiang yang biasa digunakan adalah tiang beton. Tiang listrik harus kuat karena selain digunakan untuk menopang hantaran listrik juga digunakan untuk meletakkan peralatan-peralatan pendukung jaringan distribusi tenaga listrik tegangan menengah. Penggunaan tiang listrik disesuaikan dengan kondisi lapangan. Tiang listrik yang dipakai dalam distribusi tenaga listrik harus memiliki sifat-sifat antara lain :

- a. Kekuatan mekanik yang tinggi
- b. Perawatan yang mudah
- c. Mudah dalam pemasangan konduktor saluran dan perlengkapannya

2.2.4.2 Isolator

Isolator adalah suatu peralatan listrik yang berfungsi untuk mengisolasi konduktor atau penghantar dengan tiang listrik. Menurut fungsinya, isolator dapat ditinjau dari dua segi yaitu :

- a. Fungsi dari segi elektris : Untuk menyekat / mengisolasi antara kawat fasa dengan tanah dan kawat fasa lainnya.
- b. Fungsi dari segi mekanis : Menahan berat dari konduktor / kawat penghantar, mengatur jarak dan sudut antar konduktor / kawat penghantar serta menahan adanya perubahan pada kawat penghantar akibat temperatur dan angin.

Bahan yang digunakan untuk pembuatan isolator yang banyak digunakan pada sistem distribusi tenaga listrik adalah isolator dari bahan porselin / keramik dan isolator dari bahan gelas. Kekuatan elektris porselin dengan ketebalan 1,5 mm

dalam pengujian memiliki kekuatan 22 sampai 28 kVrms/mm. Kekuatan mekanis dengan diameter 2 cm sampai 3 cm mampu menahan gaya tekan 4,5 ton/cm². Kegagalan kekuatan elektrik sebuah isolator dapat terjadi dengan jalan menembus bahan dielektrik atau dengan jalan loncatan api (flashover) di udara sepanjang permukaan isolator. Kasus pertama dapat diatasi dengan cara memilih kualitas bahan isolator dan pengolahan/perawatan yang baik. Kasus ke dua dapat diatasi dengan memperbaiki tipe atau konstruksi dari isolatornya. Pada umumnya semua konstruksi isolator direncanakan untuk tegangan tembus yang lebih tinggi dari tegangan flashover, sehingga biasanya kekuatan elektrik isolator dikarakteristikan oleh tegangan flashovernya

Ada beberapa jenis konstruksi isolator dalam sistem distribusi, antara lain :

- a. Isolator gantung (suspension type insulator)
- b. Isolator jenis pasak (pin type insulator)
- c. Isolator batang panjang (long rod type insulator)
- d. Isolator jenis post saluran (line post type insulator)

2.2.4.3 Penghantar

Penghantar pada sistem jaringan distribusi berfungsi untuk menghantarkan arus listrik dari suatu bagian keinstalasi atau bagian yang lain. Penghantar ini harus memiliki sifat-sifat sebagai berikut :

- a. Memiliki daya hantar yang tinggi
 - b. Memiliki kekuatan tarik yang tinggi
 - c. Memiliki berat jenis yang rendah
 - d. Memiliki fleksibilitas yang tinggi
 - e. Tidak cepat rapuhMemiliki harga yang murah Jenis-jenis bahan penghantar, antara lain :
 - f. Kawat logam biasa, contohnya AAC (All Alumunium Conductor).
-

- g. Kawat logam campuran, contohnya AAAC (All Alumunium Alloy Conductor).

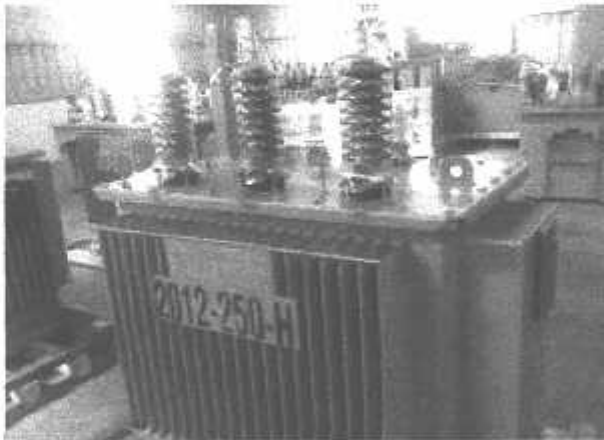


Gambar2.4 Kawat Pengahntar AAAC

Sumber : *IEEE*, 2003., "Standard For Interconnecting Distributed"1547
IEEE

2.2.4.4 Transformator

Transformator adalah suatu alat listrik yang digunakan untuk mentransformasikan daya atau energi listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya, melalui suatu gandingan magnet dan berdasarkan prinsip induksi-elektromagnet. Dengan alat yang bernama trafo maka pilihan tegangan dapat disesuaikan dengan kebutuhan tegangan pada pelanggan.



Gambar 2.5 Trafo Distribusi Tiga Fasa

Sumber : *IEEE*, 2003., "Standard For Interconnecting Distributed"1547
IEEE

2.2.5 Prosedur Pengoperasian Sistem Distribusi

Yang dimaksud dengan prosedur operasi pengaturan dan pengusahaan jaringan tegangan menengah adalah usaha menjamin kelangsungan penyaluran tenaga listrik, mempercepat penyelesaian gangguan – gangguan yang timbul, serta dilain pihak menjaga keselamatan baik petugas pelaksana operasi maupun instalasinya sendiri.

Pengoperasian jaringan distribusi tegangan menengah tersebut dilaksanakan dengan :

1. Memanuver atau memanipulasi jaringan, dengan menggunakan telekontrol maupun dilapangan.
2. Menerima informasi - informasi mengenai keadaan jaringan dan kemudian membuat penilaian (observasi) seperlunya guna menetapkan tindak lanjutan.
3. Menerima besaran-besaran pengukuran pada jaringan yang kemudian membuat penilaian (observasi) seperlunya guna menetapkan tindak lanjutan.
4. Mengkoordinasikan pelaksanaannya dengan pihak - pihak lain yang bersangkutan.
5. Mengawasi jaringan secara kontinyu.
6. Mengusut dan melokalisir gangguan jaringan.
7. Mendeteksi gangguan jaringan sehingga titik gangguannya dapat ditemukan untuk diperbaiki.

Kegiatan operasi distribusi ini dibedakan dalam dua keadaan yaitu keadaan normal dan keadaan gangguan. Operasi sistem distribusi juga tergantung dari beberapa hal, antara lain berdasarkan pada konfigurasi dan pola jaringan sistem distribusi yang digunakan. Dalam operasi sistem distribusi, setiap alur tugas dari pekerjaan ditentukan oleh prosedur tetap yang biasa disebut *Standing Operation Procedure* (SOP), dimana SOP adalah prosedur yang dibuat berdasarkan kesepakatan / ketentuan yang harus dipatuhi oleh seseorang atau tim untuk melaksanakan tugas / fungsinya agar mendapatkan hasil yang optimal dan untuk mengantisipasi kesalahan manuver, kerusakan peralatan dan kecelakaan manusia.

2.3 Daya Dalam Sistem Tenaga

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

2.4 Aliran Daya (Load Flow)^[15]

Aliran daya atau disebut *load flow* merupakan studi yang dilakukan untuk mendapatkan informasi mengenai aliran daya atau tegangan sistem dalam kondisi operasi awal. Studi aliran daya memiliki tujuan sebagai berikut :

1. Mencari daya reaktif dan sudut fasa tegangan δ dari generator.
2. Untuk mendapatkan nilai daya aktif dan daya reaktif pada bus.
3. Untuk mengetahui apakah semua peralatan pada sistem memenuhi batas – batas yang telah ditetapkan untuk operasi penyaluran daya.
4. Untuk mengetahui kondisi awal pada sistem.
5. Untuk mengetahui daya yang mengalir di setiap saluran jaringan tenaga listrik.
6. Untuk mengetahui nilai profil tegangan pada setiap bus.

Studi aliran daya merupakan studi yang paling penting dalam perencanaan dan desain perluasan sistem tenaga listrik serta menentukan operasi terbaik pada jaringan yang sudah ada. Studi aliran daya sangat diperlukan dalam perencanaan serta pengembangan sistem dimasa-masa yang akan datang. Karena seiring dengan bertambahnya konsumen akan kebutuhan tenaga listrik, maka akan selalu terjadi perubahan beban, perubahan unit-unit pembangkit, dan perubahan saluran distribusi. Didalam studi aliran daya, bus-bus terbagi menjadi 3 bagian, yaitu *Slack bus* atau *swing bus* atau bus referensi, *Voltage controller bus* atau bus generator (PV), dan *Load bus* atau bus beban (PQ), yang mana dapat didefinisikan sebagai berikut :

- **Slack bus (Bus referensi)**

Pada bus ini, rating tegangan $|v|$ dan sudut fasa tegangan δ sudah ditentukan besarnya sementara daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) didapatkan dari perhitungan. Biasanya nilai $|v|$ adalah 1 pu, sedangkan

sudut fasa tegangan bernilai nol, karena fasor tegangan dari bus dipakai sebagai referensi.

- **Voltage controller bus (Bus generator)**

Pada bus ini hanya terdapat daya pembangkit dimana $|v|$ diatur menggunakan regulator tegangan (AVR) dan P diatur dengan governor. Sehingga untuk bus ini P dan $|v|$ diketahui. Sementara daya reaktif (Q) dan sudut fasa (δ) didapatkan dari hasil perhitungan.

- **Load bus (Bus beban)**

Pada bus ini hanya terdapat kebutuhan daya untuk memenuhi kebutuhan beban yang mana daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) sudah diketahui, sementara nilai tegangan $|v|$ dan sudut fasa (δ) berubah-ubah menurut kebutuhan beban. Oleh karena itu, nilai tegangan $|v|$ dan sudut fasa (δ) harus ditentukan berdasarkan hasil perhitungan.

Tabel 2.1 Tabel Penggolongan Rel Admitansi Bus

Penggolongan Rel	$ V $	δ	P	Q
Rel Beban	Dihitung	Dihitung	Diketahui	Diketahui
Rel Pengatur Tegangan	Diketahui	Dihitung	Diketahui	Dihitung
Rel Ayun	Diketahui	Diketahui	Dihitung	Dihitung

Sumber : Jurnal Analisis Penggolongan Rel Admitansi Bus"

Dari hubungan di atas bahwa penyelesaian matematis dari masalah aliran daya menghasilkan sistem persamaan aljabar *nonlinier* yang harus dipecahkan dengan teknik iterasi. Pada pembahasan ini penulis menerapkan metode iterasi *Newton Raphson*.

2.4.1 Aliran Daya dengan Metode Newton-Raphson

Menggunakan persamaan (2.1) dan (2.2). Selisih daya yang diterapkan Proses yang dilakukan adalah membandingkan antara daya yang ditempatkan berdasarkan data ($P_{k.sched}$ dan $Q_{k.sched}$) dengan daya hasil perhitungan ($P_{k.calc}$ dan $Q_{k.calc}$) dan perhitungan (ΔP_k dan ΔQ_k) dihitung dengan persamaan :

$$\Delta P_k = P_{k.sched} - P_{k.calc} \dots \dots \dots (2.1)$$

$$\Delta Q_k = Q_{k.sched} - P_{k.calc} \dots \dots \dots (2.2)$$

Selisih daya dihitung dengan persamaan (2.1) dan persamaan (2.2) untuk menghitung nilai perubahan parameter tegangan bus, yaitu $\Delta|V_k|$ dan $\Delta|\delta|$, yaitu dengan menggunakan elemen Jacobian, sehingga koreksi terhadap nilai parameter tegangan yang telah ditetapkan nilai awal sebelumnya. Elemen Jacobian sendiri merupakan turunan persial P dan Q terhadap masing – masing variable pada persamaan (2.1) dan (2.2), yang dalam bentuk matriks dituliskan sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} \Delta P_1 \\ \dots \\ \Delta P_{n-1} \\ \Delta Q_1 \\ \dots \\ \Delta Q_{n-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial P_1}{\partial V_1} & \dots & \frac{\partial P_1}{\partial V_{n-1}} & \frac{\partial P_1}{\partial \delta_1} & \dots & \frac{\partial P_1}{\partial \delta_{n-1}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial P_{n-1}}{\partial V_1} & \dots & \frac{\partial P_{n-1}}{\partial V_{n-1}} & \frac{\partial P_{n-1}}{\partial \delta_1} & \dots & \frac{\partial P_{n-1}}{\partial \delta_{n-1}} \\ \frac{\partial Q_1}{\partial V_1} & \dots & \frac{\partial Q_1}{\partial V_{n-1}} & \frac{\partial Q_1}{\partial \delta_1} & \dots & \frac{\partial Q_1}{\partial \delta_{n-1}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial Q_{n-1}}{\partial V_1} & \dots & \frac{\partial Q_{n-1}}{\partial V_{n-1}} & \frac{\partial Q_{n-1}}{\partial \delta_1} & \dots & \frac{\partial Q_{n-1}}{\partial \delta_{n-1}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta v_1 \\ \dots \\ \Delta v_{n-1} \\ \Delta \delta_1 \\ \dots \\ \Delta \delta_{n-1} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_1 & J_3 \\ J_2 & J_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta |v| \end{bmatrix} \dots \dots \dots (2.3)$$

Perubahan nilai tegangan bus dijumlahkan dengan nilai tegangan bus sebelumnya, yang kemudian nilai tegangan bus terbaru ini digunakan untuk menghitung kembali daya $P_{k,calc}$ dan $Q_{k,calc}$. Proses ini terus berulang, hal inilah yang disebut iterasi hingga mencapai kondisi dimana nilai perubahan daya ΔP dan ΔQ konvergen mencapai suatu nilai minimum yang telah ditentukan ($0,95 \leq V_{pu} \leq 1,05$).

Maka kesimpulan dari *Load Flow Analysis* pada *Power World* adalah : berfungsi untuk menghitung tegangan bus, faktor daya pada cabang – cabang dan daya yang mengalir di seluruh sistem tenaga elektrik. *Power World* memberikan fasilitas untuk menentukan kondisi *power plant* yang berfungsi sebagai *swing* atau *voltage regulated* dengan beberapa hubungan *power grid* dan generator. *Power World* memungkinkan melakukan perhitungan analisa aliran daya baik pada *system radial* maupun *system loop* dengan beberapa metode perhitungan untuk mendapatkan hasil perhitungan yang paling baik.

2.5 Rugi-rugi Pada Sistem Tenaga Listrik^[10]

Dalam proses distribusi tenaga listrik sering kali mengalami rugi-rugi pada sistem tenaga listrik yang cukup besar yang diakibatkan oleh rugi-rugi pada saluran dan juga rugi-rugi pada trafo yang digunakan. Kedua jenis rugi-rugi ini memberikan pengaruh yang besar terhadap kualitas daya serta tegangan yang dikirim kepada sisi beban (konsumen). Nilai tegangan yang melebihi batas toleransi dapat menyebabkan tidak optimalnya kerja dari peralatan disisi konsumen. Secara umum besar rugi-rugi daya pada sistem tenaga listrik dapat dituliskan dalam persamaan sebagai berikut :

$$P_{Loss} = \sqrt{3} \times I^2 R \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana : P_{Loss} = rugi-rugi pada saluran (Watt)

R = resistansi saluran per fasa (Ohm)

I = arus yang mengalir per fasa (Ampere)

2.6 Jatuh Tegangan (*Voltage Drop*)^[17]

Jatuh tegangan merupakan besarnya tegangan yang hilang pada suatu penghantar. Jatuh tegangan pada saluran tenaga listrik secara umum berbanding lurus dengan panjang saluran dan beban, serta berbanding terbalik dengan luas penampang penghantar. Besarnya jatuh tegangan dinyatakan baik dalam persen atau dalam besaran Volt. Besarnya batas atas dan bawah ditentukan oleh kebijaksanaan perusahaan kelistrikan. Perhitungan jatuh tegangan praktis pada batas-batas tertentu dengan hanya menghitung besarnya tahanan masih dapat dipertimbangkan, namun pada sistem jaringan khususnya pada sistem tegangan tinggi masalah induktansi dan kapasitansinya diperhitungkan karena nilainya cukup berarti.

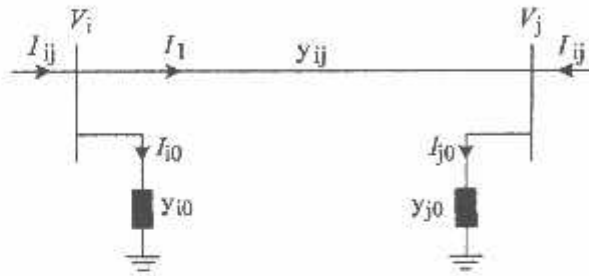
Tegangan jatuh secara umum adalah tegangan yang digunakan pada beban. Tegangan jatuh ditimbulkan oleh arus yang mengalir melalui tahanan kawat. Tegangan jatuh V pada penghantar semakin besar jika arus I di dalam penghantar semakin besar dan jika tahanan penghantar R semakin besar pula. Tegangan jatuh merupakan penanggung jawab terjadinya kerugian pada penghantar karena dapat menurunkan tegangan pada beban. Akibatnya hingga berada di bawah tegangan

nominal yang dibutuhkan. Atas dasar hal tersebut maka tegangan jatuh yang diijinkan adalah 5% dari tegangan nominalnya.

2.4 Analisis Rugi-Rugi Daya Pada Saluran

Pada perhitungan aliran daya dan rugi-rugi daya pada saluran dapat dilakukan dengan persamaan berikut :

$$I_{ij} = I_i + I_{i0} = y_{ij}(V_i - V_j) + y_{i0}V_i \quad \dots\dots\dots (2.5)$$



Gambar 2.6 Model saluran distribusi untuk perhitungan aliran daya dan rugi-rugi daya pada saluran

Sumber : Chapman S.J 1985. *Electric machinery fundamentals*, McGraw-Hill

Aliran arus I_{ji} yang diukur pada bus j dan ditandai positif dalam arah $j \rightarrow i$ yang ditunjukkan oleh :

$$I_{ji} = -I_o + I_{j0} = y_{ij}(V_j - V_i) + y_{j0}V_j \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

Daya kompleks S_{ij} dari bus i sampai j dan S_{ji} dari bus j sampai i adalah :

$$S_{ij} = V_i I_{ij}^* = V_i(V_i^* - V_j^*)y_{ij}^* + V_i V_i^* y_{i0}^* \quad \dots\dots\dots (2.7)$$

$$S_{ji} = V_j I_{ji}^* = V_j(V_j^* - V_i^*)y_{ij}^* + V_j V_j^* y_{j0}^* \quad \dots\dots\dots (2.8)$$

Rugi-rugi daya pada saluran $i - j$ merupakan penjumlahan aljabar dari aliran daya dari persamaan (2.7) dan (2.8), yaitu :

$$S_{L,ij} = S_{ij} + S_{ji} \quad \dots\dots\dots (2.9)$$

2.8 Distributed Generation (DG)

Distributed Generation seringkali disebut juga dengan *on-site generation, dispersed generation, embedded generation, decentralized generation*, atau *distributed energy*. Secara mendasar, DG menghasilkan energi listrik dari beberapa sumber energi yang berkapasitas kecil dan dihubungkan langsung pada jaringan distribusi.

Pembangkit terdistribusi tersusun dari dua kata yakni "pembangkit" dan "terdistribusi".Pembangkit maksudnya adalah sesuatu yang dapat menghasilkan/memproduksi.Terdistribusi maksudnya adalah terpecah/terpisah. Jika kedua kata digabung akan menghasilkan pengertian peralatan yang mampu menghasilkan yang tersebar terletak secara terpisah. Dalam hal ini adalah pembahasan mengenai pembangkit energi/penghasil energi yang terletak terpisah untuk menghasilkan bersama-sama energi listrik guna dimanfaatkan manusia banyak. Keterpisahan penghasil energi disebabkan karena potensi yang dimiliki suatu wilayah atau daerah yang berbeda.Karena setiap penghasil energi menghasilkan energi yang kecil maka untuk dapat digunakan dan memiliki nilai ekonomis harus digabung menjadi satu sistem pembangkit listrik.

2.8.1 Defenisi *Distributed Generation* (DG)

CIGRE telah mendefinisikan *Distributed Generation* sebagai semua unit pembangkit dengan kapasitas maksimal berkisar sampai 50 MW dan dipasangkan ke jaringan distribusi. IEEE mendefinisikan *Distributed Generation* sebagai pembangkitan yang menghasilkan energi listrik dengan kapasitas yang kecil dibandingkan dengan pusat-pusat pembangkit konvensional dan dapat dipasangkan hampir pada setiap titik sistem tenaga listrik. IEA (2002) mendefinisikan *Distributed Generation* sebagai unit-unit yang menghasilkan energi pada sisi konsumen atau dalam jaringan distribusi lokal. Semua definisi di atas menunjukkan

bahwa pembangkitan dengan skala kecil yang dihubungkan ke jaringan distribusi dapat dianggap sebagai bagian dari DG. Selain itu, pembangkitan yang dipasangkan dekat dengan sisi beban atau konsumen juga dapat dikatakan sebagai DG.

2.8.2 Teknologi *Distributed Generation* (DG) di Indonesia

Perkembangan teknologi *Distributed Generation* (DG) di Indonesia telah berkembang sejak lama seiring dikeluarkannya Peraturan Pemerintah Nomor 10 Tahun 1989 “Tentang Penyediaan dan Pemanfaatan Energi” yang mengizinkan pembelian terhadap kelebihan energi listrik (*excess power*). Teknologi DG yang banyak digunakan pada masa itu adalah teknologi *cogeneration*. Bahkan menurut data penelitian *Energy and Electricity* (EERDC), kapasitas terpasang teknologi *cogeneration* telah mencapai 834 MW pada tahun 1997. Perkembangan teknologi DG terus berkembang dengan memanfaatkan pembangkit listrik skala kecil (mikrohidro) yang dikelola oleh pihak PLN atau swasta (*Independent Power Producer*). Sejak tahun 2002, teknologi DG di Indonesia dikenal sebagai “Pembangkit Listrik Skala Kecil Tersebar” seperti yang tertuang dalam Peraturan Pemerintah Nomor 30 tahun 2002. Melalui PP Nomor 31/2009, Pemerintah juga mendorong penggunaan sumber energi baru, terbarukan dan energi primer yang lebih efisien untuk pembangkit tenaga listrik, dan diberikan kesempatan bagi Pembangkit Skala Kecil Swasta dan Koperasi (PSKSK) untuk menjual tenaga listriknya kepada PLN. Harga jual tenaga listrik dari PSKSK adalah harga pada titik interkoneksi dengan Sistem PLN dan harga jual ini disesuaikan setiap tahunnya berdasarkan perhitungan biaya marginal Sistem PLN. Harga Pembelian (HP) tenaga listrik yang dimaksud adalah

$$HP = \text{Harga energi/kwh} \times F \dots\dots\dots (2.7)$$

dimana nilai F ditentukan oleh daerah pembelian tenaga listrik oleh PT.

PLN yang didasarkan sebagai berikut :

- a. Zona 1, Wilayah Jawa dan Bali, $F = 1$
- b. Zona 2, Wilayah Sumatera dan Sulawesi, $F = 1.2$
- c. Zona 3, Wilayah Kalimantan, NTB dan NTT, $F = 1.3$
- d. Zona 4, Wilayah Maluku dan Papua, $F = 1.5$

Tabel 2.2 Harga Jual Energi Listrik Pembangkit Skala Kecil Tersebar menurut PP No. 31/2009

<i>Harga Energi/Kwh</i>	<i>Titik Interkoneksi</i>	<i>Zona 1</i>	<i>Zona 2</i>	<i>Zona 3</i>	<i>Zona 4</i>
<i>Rp 0,56/kwh</i>	<i>Tegangan Menengah</i>	<i>1</i>	<i>1,2</i>	<i>1,3</i>	<i>1,5</i>
<i>Rp 1,004/kwh</i>	<i>Tegangan Rendah</i>	<i>1</i>	<i>1,2</i>	<i>1,3</i>	<i>1,5</i>

Sumber : Jurnal "Harga Jual Energi Listrik Pembangkit Skala Kecil Tersebar menurut PP No. 31/2009"

skema pemanfaatan teknologi DG di Indonesia dibagi atas 2, yaitu :

1. Skema IPP (Independent Power Producer) Skema ini berisi perjanjian dimana teknologi DG harus mengirim tenaga listriknya ke sistem PLN secara kontiniu (24 jam). Skema ini biasanya memiliki kontrak dalam jangka waktu yang lama (minimal 15 tahun) dan dapat diperpanjang sesuai kebutuhan atas kesepakatan bersama.
2. . Skema Pembelian Excess Power (Kelebihan Tenaga Listrik) Skema ini berisi perjanjian dimana teknologi DG mengirim kelebihan tenaga listriknya ke sistem PLN pada waktu-waktu tertentu (biasanya pada Waktu Beban Puncak). Skema ini biasanya memiliki kontrak.

2.8.3 Aplikasi Teknologi *Distributed Generation* (DG)

Pemanfaatan teknologi DG yang telah banyak dikembangkan di Indonesia adalah teknologi pembangkitan mikrohidro walaupun dewasa ini yang cukup signifikan adalah pembelian kelebihan energi listrik (excess power) dari pihak industri-industri besar (PLTU). Berikut ini adalah tabel yang menunjukkan aplikasi teknologi DG berupa pembangkitan mikrohidro yang telah terkoneksi pada jaringan distribusi ialah.

Tabel 2.3 Pemanfaatan Pembangkitan Mikrohidro yang terinterkoneksi pada Jaringan Tegangan Menengah 20 KV di Indonesia

Nama Pembangkitan	Lokasi	Titik Interkoneksi	Kapasitas (MW)	Tegangan (KV)
PLTMH Batang Gadis I	Madina	20 KV	0.45	0.4
PLTMH Batang Gadis II	Madina	20 KV	0.45	0.4
PLTMH Tonduhan I	Simalungun	20 KV	0.45	0.4
PLTMH Tonduhan II	Simalungun	20 KV	0.45	0.4
PLTMH Kombih I	Pakpak	20 KV	1.5	0.4
PLTMH Kombih II	Pakpak	20 KV	1.5	0.4
PLTMH Bohe	Samosir	20 KV	0.2	0.4
PLTMH Aek Rasan I	Tap Utara	20 KV	0.75	0.4
PLTMH Aek Rasan II	Tap Utara	20 KV	0.75	0.4
PLTMH Aek Sibudong	Tap Utara	20 KV	0.75	0.4
PLTMH Aek Silang	Humbahas	20 KV	0.75	0.4

Sumber : Jurnal "pengembangan teknologi interkoneksi DG di Indonesia"

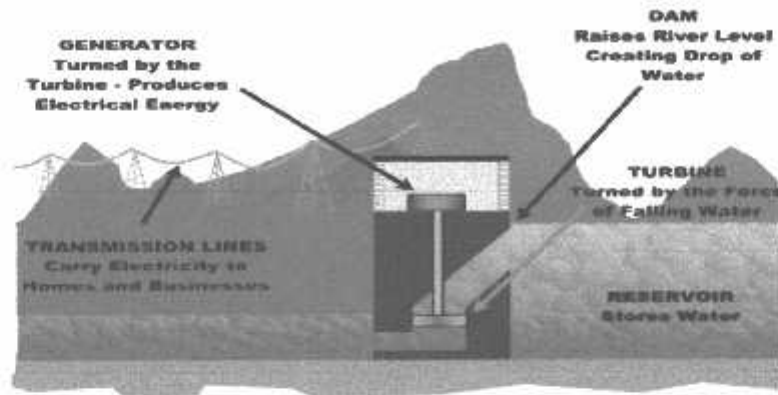
2.8.4 Model Tipe *Distributed Generation* (DG)

Beberapa jenis teknologi DG yang dikembangkan adalah mikrohidro, dan energi angin.

2.8.4.1 Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) adalah pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan energi air sebagai penggerakannya, misalnya saluran irigasi, sungai atau air terjun dengan cara memanfaatkan tinggi terjunnya. (head) dan jumlah debit airnya. Kondisi air yang bisa dimanfaatkan sebagai sumberdaya penghasil listrik memiliki kapasitas aliran maupun ketinggian tertentu. Semakin besar kapasitas aliran maupun ketinggiannya maka semakin besar energi yang bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik. Pembangkit tenaga mikrohidro bekerja dengan cara memanfaatkan semaksimal mungkin energi potensial air. Energi ini secara perlahan diubah menjadi energi kinetik saat melalui nosel yang ditembakkan untuk memutar sudu-sudu turbin. Energi mekanis dari

putaran turbin akhirnya diubah menjadi energi listrik melalui putaran generator. Sketsa sederhana dari sebuah pembangkit tenaga mikrohidro ditunjukkan oleh Gambar 2.8



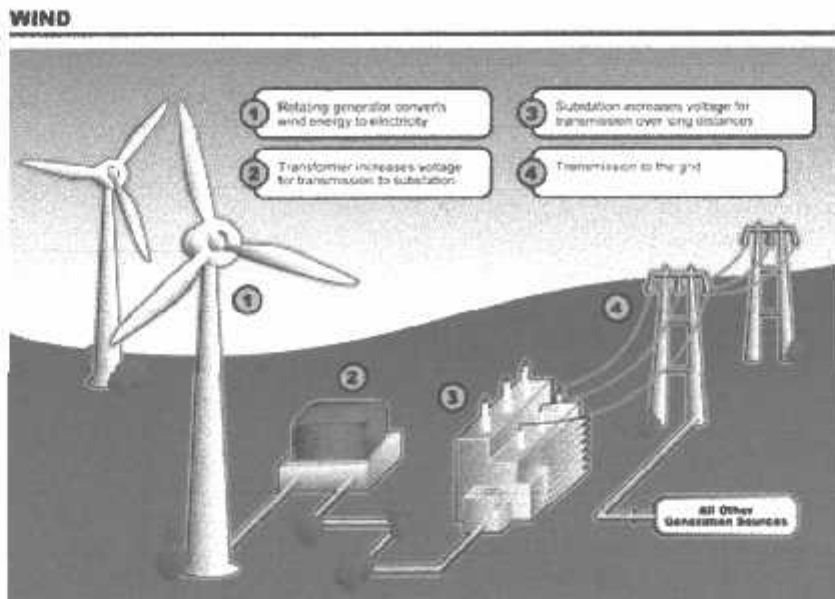
Gambar 2.7 Bagan Sederhana Pembangkit Tenaga Mikrohidro⁴¹

Sumber : <http://electroenergyrenewable.com/>

Karena besar tenaga air yang tersedia dari suatu sumber air bergantung pada tinggi jatuh dan debit air, maka total energi yang tersedia dari suatu reservoir air merupakan energi potensial air.

2.8.4.2 Pembangkit Listrik Tenaga Angin

Pembangkit Listrik Tenaga Angin mengkonversikan energi angin menjadi energi listrik dengan menggunakan turbin angin atau kincir angin. Cara kerjanya cukup sederhana, energi angin yang memutar turbin angin, diteruskan untuk memutar rotor pada generator dibagian belakang turbin angin, sehingga akan menghasilkan energi listrik. Energi Listrik ini biasanya akan disimpan kedalam baterai sebelum dapat dimanfaatkan. Energi kinetik dari angin ditangkap melalui turbin angin (kincir angin) yang diubah menjadi energi mekanis dan selanjutnya dikonversikan menjadi energi listrik melalui generator listrik, seperti gambar 2.9 dibawah ini.



Gambar 2.8 Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Angin^[5]
 Sumber : <http://electroenergyrenewable.com/>

2.8.5 Pengaruh Pemasangan DG

2.8.5.1 Pengaruh DG terhadap Unjuk Kerja Sistem

Distributed Generation berpotensi digunakan oleh *planner* dan operator sistem tenaga listrik untuk meningkatkan kehandalan sistem baik secara langsung maupun secara tidak langsung. Sebagai contoh misalnya, DG dapat digunakan secara langsung untuk mendukung level tegangan lokal dan menghindari adanya pemadaman yang terjadi karena *voltage sag* yang berlebihan. DG dapat meningkatkan kehandalan dengan meningkatkan keberagaman pilihan catu daya. DG juga dapat meningkatkan kehandalan secara tidak langsung dengan mengurangi *stress* pada komponen jaringan sehingga kehandalan masing-masing komponen dapat ditingkatkan. Sebagai contohnya, DG dapat mengurangi jumlah jam dimana transformator gardu bekerja pada level suhu yang tinggi, sehingga dapat memperpanjang umur pakai transformator yang pada akhirnya dapat meningkatkan kehandalan komponen ini.

2.8.5.3 Pengaruh DG pada Power Quality (PQ) ^[7]

Interkoneksi DG dapat mempunyai pengaruh positif terhadap kualitas daya. Akan tetapi, pengaruh buruk yang ada juga harus diperhatikan. Unit DG dapat mempengaruhi frekuensi sistem. Karena unit DG tidak dilengkapi dengan *load-frequency control*, maka unit DG tersebut tidak dapat membantu upaya operator jaringan transmisi atau badan pengawas untuk mempertahankan frekuensi sistem. Oleh karena itu, menghubungkan sejumlah besar unit DG ke jaringan harus dievaluasi dan direncanakan secara hati-hati.

2.8.5.4 Pengaruh DG terhadap arus hubung singkat ^[6]

Kegagalan dapat terjadi ketika aliran listrik mengalir melalui jalur yang tidak diinginkan, seperti misalnya melalui ranting pohon yang jatuh melalui dua kawat. Kebanyakan kegagalan yang terjadi di level distribusi pada saluran overhead bersifat sementara, seperti munculnya arus arc ke tanah yang dapat diinisialisasi oleh sambaran petir. Kegagalan yang bersifat sementara ini dapat dihilangkan dengan mematikan arus yang mengalir di kawat yang terkena imbas, dan kemudian membiarkan arc menghilang dengan sendirinya. Karena sistem itu sendiri tidak rusak, maka arus kemudian dapat dialirkan kembali. Sistem proteksi yang bekerja secara otomatis dirancang untuk melakukan hal tersebut, yaitu mematikan arus ketika kegagalan terjadi dan kemudian mengalirkannya lagi setelah arc hilang sehingga interupsi diusahakan terjadi dalam waktu sesingkat mungkin. Jika sebuah unit DG digunakan untuk mengirimkan daya ke sistem pada sebuah lokasi yang terletak di antara alat proteksi, dan tidak ada komunikasi atau peralatan proteksi yang tepat, maka unit tersebut akan menghasilkan arus ke lokasi terjadinya fault, sehingga fault akan terus berlangsung. Semakin lama fault terjadi, semakin mungkin fault tersebut akan menyebabkan kerusakan baik di sistem distribusi maupun pada peralatan yang dimiliki konsumen. Menurut Kashem dan Ledwich (2005) "unit-unit yang terdistribusi (DG) dapat menyokong tegangan pada feeder distribusi. Akan tetapi, hal ini dapat mempersulit pemulihan setelah terjadinya fault. Jika beban menjadi bergantung pada DG dalam hal tegangannya, tapi unit DG tersebut harus diputus karena terjadi fault, utility mungkin tidak dapat menjaga tegangan pada level yang dapat ditolerir sampai fault dihilangkan, sehingga

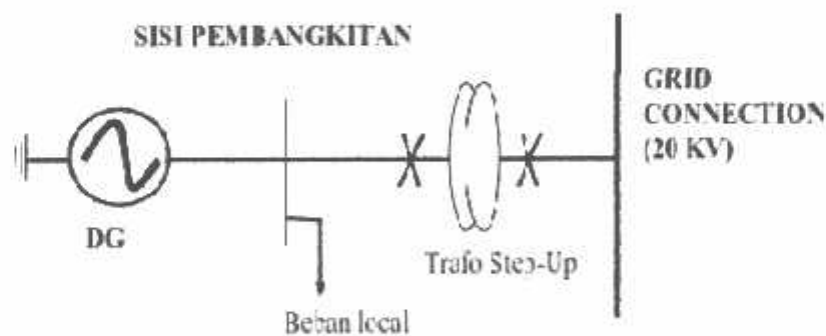
mungkin dapat menunda pemulihan daya ke operasi normalnya” Ketidakstabilan pada level distribusi juga dapat dikaitkan ke DG, sebagaimana yang dijelaskan oleh “Cardell dan Tabors (1998) menemukan bahwa pemasangan pembangkit pada tingkat distribusi dapat menurunkan stabilitas sistem. Hal ini dikarenakan adanya perubahan dalam arah aliran daya yang telah dirancang sebelumnya dan juga terjadi perubahan karakteristik elektrik dari saluran itu sendiri, yang dapat mempengaruhi sejauhmana generator-generator yang terhubung dan beban-beban dapat berinteraksi satu sama lain. Di beberapa kombinasi tertentu dari teknologi DG, sistem dapat menjadi tidak stabil ketika sebuah gangguan (seperti padamnya generator) terjadi. Para penulis berpendapat bahwa hasil ini menunjukkan perlunya metode baru untuk mengendalikan dan menstabilkan sistem yang memiliki banyak generator yang terdistribusi.

2.8.6 Pemasangan Interkoneksi DG

Secara garis besar, interkoneksi pada DG terbagi atas tiga komponen, yaitu:

2.8.6.1 Sumber Energi Utama (Prime Energy Source)

Hal ini menunjuk pada teknologi DG sebagai sumber energi seperti energi surya, angin, mikrohidro, pasang surut dan biomassa. Setiap teknologi DG memiliki karakter yang berbeda-beda dalam menghasilkan energi, misalnya tipikal energi yang dihasilkan oleh PV dan *fuel cell* berupa *direct current* atau *wind turbin* yang tipikal energinya berupa energi mekanis (dihasilkan dari putaran pada turbin).



Gambar 2.9 Interkoneksi DG

Sumber : Chapman S.J 1985. *Electric machinery fundamentals*, McGraw-Hill

2.8.6.2 Power Converter

Power converter dalam interkoneksi, berfungsi untuk mengubah energi dari sumber energi utama (*prime energy resources*) menjadi energi dengan level frekuensi tertentu (50Hz - 60Hz). Secara garis besar, ada 3 kategori power converter yang digunakan dalam interkoneksi, yaitu :

1. Generator sinkron
2. Generator induksi
3. Static power converter

Generator sinkron dan generator induksi mengkonversi putaran energi mekanis ke dalam tenaga listrik dan sering disebut dengan routing power converter. *Static power converter* (biasa dikenal dengan inverter) tersusun atas *solid-device* seperti transistor. Pada inverter, transistor mengkonversi energi dari sumber menjadi energi dengan frekuensi 50-60Hz dengan switching (*switch on-off*). Teknologi DG yang dijual di pasaran, kebanyakan telah diintegrasikan dengan *power converter* masing-masing. Misalnya *fuel cell* yang telah diintegrasikan dengan inverter. *Power converter* memiliki efek yang besar terhadap DG pada sistem distribusi. Oleh sebab itu dibutuhkan peralatan interkoneksi untuk menjamin keamanan dan kestabilan operasi. Generator sinkron, generator induksi dan inverter memberikan respon yang sangat berbeda terhadap variasi kondisi dari sistem tenaga.

2.8.6.3 Sistem Interface dan peralatan proteksi

Peralatan ini ditempatkan sebagai penghubung antara terminal output dari power converter dan jaringan primer. Komponen interkoneksi ini biasanya terdiri atas *step-up transformer*, *metering* kadang ditambahkan *controller* dan relay proteksi. Dalam komponen ini terkadang terdapat *communication link* untuk mengontrol kondisi pada sistem.

2.8.7 Fungsi Penggunaan DG

Dalam banyak penelitian, DG dapat beradaptasi dengan perubahan ekonomi dalam cara yang fleksibel karena ukurannya yang kecil dan konstruksi yang lebih

sederhana dibandingkan dengan pusat-pusat pembangkit konvensional. Menurut *IEA*, penilaian ekonomi atas nilai fleksibilitas DG sangat memungkinkan dan layak (2002). Sebagian besar DG memang sangat fleksibel dalam beberapa hal seperti operasi, ukuran, dan kemajuan teknologi. Selain itu, DG dapat meningkatkan keandalan sistem tenaga listrik.

Dalam pemasangannya di jaringan distribusi, DG ditempatkan dekat dengan daerah beban dan beberapa fungsi dari pemakaian DG :

1. DG memberi keandalan yang lebih tinggi dalam pemanfaatan daya.
2. DG sebagai sumber energi lokal dapat membantu untuk penghematan daya listrik pada jaringan transmisi dan distribusi.
3. Dibandingkan dengan power plants, DG memiliki efisiensi yang lebih tinggi dalam penyaluran daya. Selain itu, bila dikoneksikan pada jaringan, DG dapat meningkatkan efisiensi sistem karena DG membantu mengurangi rugi-rugi pada sistem.
4. Dalam memproduksi energi listrik, DG bersifat ramah lingkungan. Emisi yang dihasilkan dari produksi energi listrik oleh DG tergolong rendah, bahkan mendekati nol.

2.9 Unjuk Kerja Sistem

Tegangan bus diminta untuk tetap berada pada batasan yang ditentukan. Setelah penambahan DG pada bus yang mengalami jatuh tegangan, mampu memperbaiki profil tegangan dan mengurangi rugi rugi daya yang terjadi pada saluran distribusi.

BAB III METODELOGI PENELITIAN

3.1 Metode yang digunakan

Dalam analisis penempatan dan penentuan kapasitas daya pada *Distributed Generation*(DG) untuk memperbaiki profil tegangan dan penurunan rugi-rugi daya saluran, penelitian ini menggunakan standart *IEEE* sebagai titik acuan dalam proses pelaksanaan dan pengerjaannya. Pengujian dan penelitian ini dimulai dengan survey data yang diperoleh dari PT. Indocement Tunggul Prakarsa, Tbk Data tersebut diambil pada tanggal 21 Oktober 2014. Dengan data yang diperoleh maka dapat dilakukan simulasi sistem 33 kV dan 20 kV menggunakan *software Power World*. Simulasi yang dapat dilakukan berupa aliran daya atau *Load Flow*, yang mana untuk mengetahui profil tegangan, dan rugi-rugi saluran yang terjadi pada sistem 33 kV dan 20 kV. Setelah melakukan studi aliran daya maka dapat diketahui kondisi-kondisi bus yang mengalami penurunan tegangan. Apabila terdapat kondisi-kondisi bus yang mengalami penurunan tegangan dibawah margin yang diijinkan PT. Indocement Tunggul Prakarsa ($0,9 < V_{pu} < 1,0$) maka dapat dilakukan perbaikan profil tegangan dengan menempatkan pada bus terendah dan kapasitas daya DG yang sesuai.

3.2 *Software Power World*

Power World merupakan *software* full grafis yang dapat digunakan sebagai alat analisis untuk mendesain dan menguji kondisi sistem tenaga listrik yang ada. *Power World* dapat digunakan untuk mensimulasikan sistem tenaga listrik secara *off line* dalam bentuk modul simulasi, monitoring data operasi secara *real time*, simulasi *system real time*, optimasi, manajemen energi sistem dan simulasi *optimasi power flow*. *Power World* didesain untuk dapat menangani berbagai kondisi dan topologi sistem tenaga listrik baik di sisi konsumen industri maupun untuk menganalisa performa sistem di sisi *utility*. *Software* ini dilengkapi dengan fasilitas untuk menunjang simulasi seperti jaringan AC dan DC, jaringan kabel (*cable raceways*), panjang saluran (*distance cable*), full model tipe unit DG, three-

D simulator, dan AC/ DC control sistem diagram. (D.William, and Jr.Stevenson 2009)

Power World juga menyediakan fasilitas *Library* yang akan mempermudah desain suatu sistem kelistrikan. *Library* ini dapat diedit atau dapat ditambahkan dengan informasi peralatan. Software ini bekerja berdasarkan plant (*project*). Setiap plant harus menyediakan modelling peralatan dan alat-alat pendukung yang berhubungan dengan analisis yang akan dilakukan. Misalnya generator, data beban, data saluran, dll. Sebuah plant terdiri dari sub-sistem kelistrikan yang membutuhkan sekumpulan komponen elektris yang khusus dan saling berhubungan. Dalam *Power Station*, setiap *plant* harus menyediakan data *base* untuk keperluan itu.

Power World dapat digunakan untuk menggambarkan *single line* diagram secara grafis dan mengadakan beberapa analisis/studi yakni *Load Flow* (aliran daya), analisis bus *view*, *Heat rate generator*, dll.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam bekerja dengan *Power World* adalah: (D.William, and Jr.Stevenson 1990)

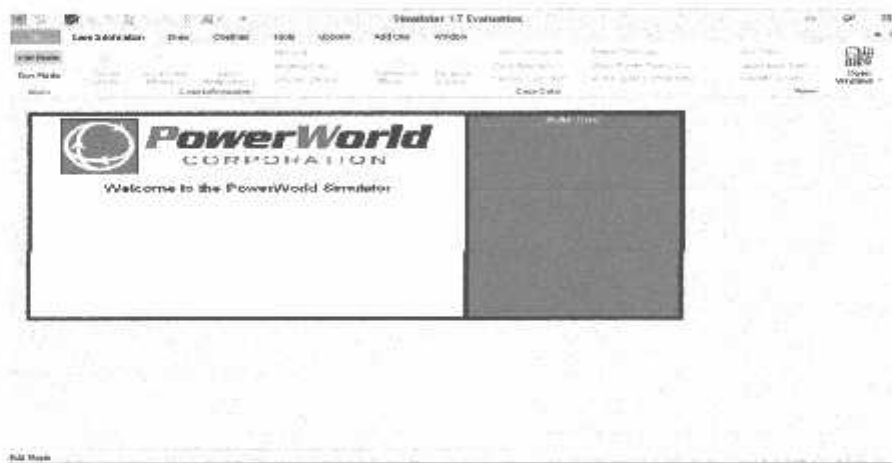
- ***One Line Diagram***
menunjukkan hubungan antar komponen/peralatan listrik sehingga membentuk suatu sistem kelistrikan.
 - ***Library***
informasi mengenai semua peralatan yang akan dipakai dalam system kelistrikan. Data elektris maupun mekanis dari peralatan yang detail/lengkap dapat mempermudah dan memperbaiki hasil simulasi/analisis.
 - **Standar yang dipakai**
biasanya mengacu pada standar *IEC* atau *ANSI*, frekuensi sistem dan metode – metode yang dipakai.
 - ***Study Case***, berisikan parameter – parameter yang berhubungan dengan metode studi yang akan dilakukan dan format hasil analisis. Kelengkapan data dari setiap elemen/komponen/peralatan listrik pada sistem yang akan dianalisis akan sangat membantu hasil simulasi/analisis dapat mendekati keadaan operasional sebenarnya.
-

- **Tegangan Stabilitas (PVQV)**

Menganalisis statis margin stabilitas tegangan sistem tenaga itu. Hal ini sangat mudah untuk mendapatkan "visualisasi running" pada platform PowerWorld, namun fitur khusus dan alat-alat menawarkan kemungkinan hampir tak terbatas untuk analisis mendalam dan visualisasi sistem tenaga berskala besar yang kompleks sehingga real time analisis mampu menjadi pembelajaran yang mudah bagi penggunaanya.

3.3 Memulai Power World Simulation

Tampilan Utama Power World adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1 Tampilan utama software Power World

- Gambar 3.1 adalah tampilan waktu kita membuka software Power World simulation. Dan langkah berikutnya kita mulai membuat line diagram sesuai dengan *base case*.
- Untuk memulai membuat single line baru maka kita klik :
File > New Case > Enter. Setelah melakukan prosedur diatas secara default pada software Power World akan memberi nama file baru yang kita buat dengan nama awal "no name". Kemudian kita klik nama filenya maka akan muncul seperti gambar 3.2 dibawah ini:

- Semua komponen yang akan digunakan dalam menggambar *single line* terdapat dalam *master library* seperti pada tampilan dibawah ini. Untuk menggunakannya *click draw > left click > drag to new paper*
- Pemodelan *single line* diagram berdasarkan *base case* PT. Indocement Tungal Prakarsa, Tbk pada software *Power World*.

3.4 Input Data – Data Parameter

Berdasarkan data (lampiran) dan *single line* PT. Indocement Tungal Prakarsa, Tbk maka dapat dilakukan analisis aliran daya untuk mengetahui keadaan sistem dalam kondisi *base case* dengan input data parameter yang diperoleh pada software *power world*.

3.5 Hitung Aliran Daya

Sebagaimana telah diuraikan sebelumnya, proses yang dilakukan adalah menghitung tegangan dan rugi rugi saluran. Perubahan nilai tegangan bus dijumlahkan dengan nilai tegangan bus sebelumnya, yang kemudian nilai tegangan bus terbaru ini digunakan untuk menghitung kembali rugi rugi daya salurannya. Proses ini terus berulang, hal inilah yang disebut iterasi. Hingga mencapai kondisi dimana nilai perubahan daya ΔP mencapai suatu nilai minimum yang telah ditentukan berdasarkan batas yang diijinkan. Secara matematis persamaan aliran daya dapat diketahui dengan persamaan (2.16)

3.6 Metode Pemasangan DG

Setiap kapasitas DG ditetapkan sebesar 5 MW. Lokasi pemasangan DG, dipasang pada setiap bus yang tegangannya melanggar batasyang diijinkan. Kemudian dipilih tegangan bus terbaik dan rugi rugi daya saluran terendah.

3.7 Cek Hasil Analisis dan Lakukan Pemasangan DG

Pada saat menjalankan *load flow* software *power world* akan menyajikan data report berupa tabel hasil, kemudian lakukan analisis tegangan pada masing masing bus dari hasil *load flow*. Hasil yang disajikan apabila sistem mengalami

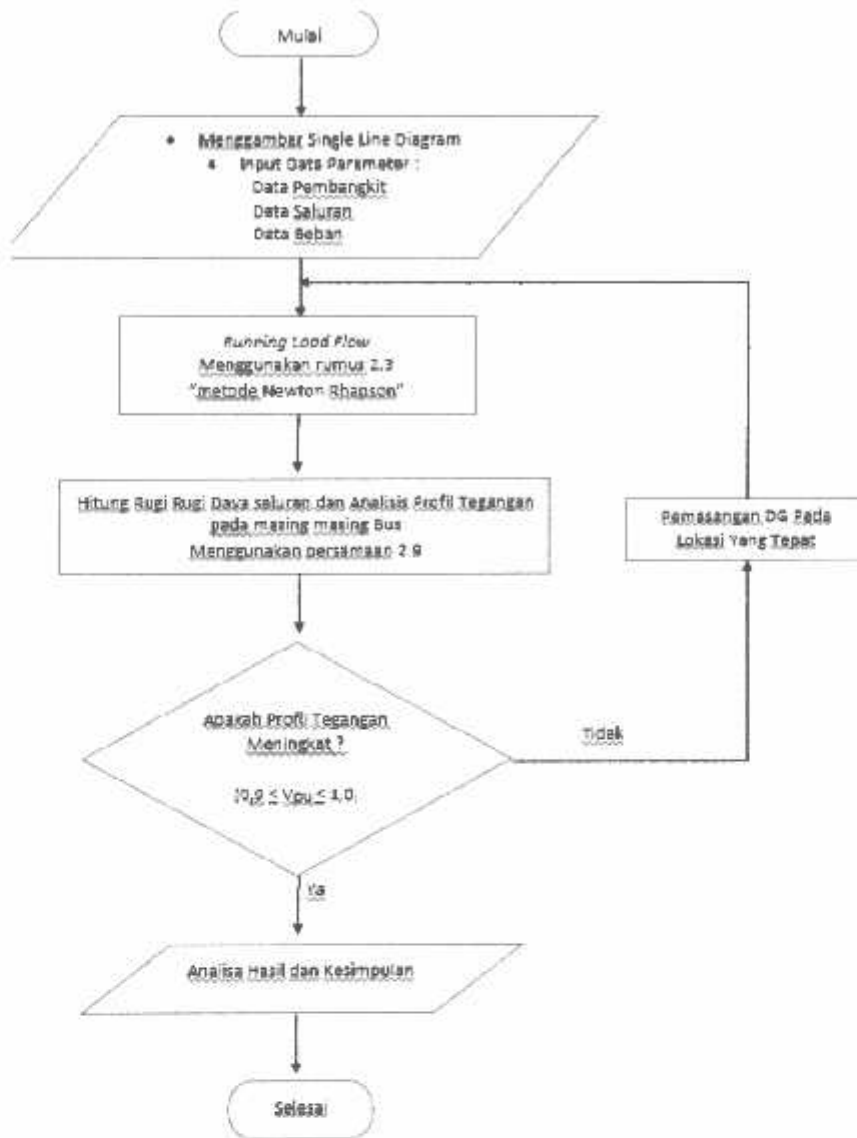
jatuh tegangan, angka angka yang disajikan akan ditandai dengan warna merah. Yang diindikasikan bahwa pada bus tersebut mengalami jatuh tegangan.

3.8 Algoritma Simulasi pada *Software Power World*

1. Mulai.
2. Input data parameter.
3. Menjalankan simulasi aliran daya (*load flow*) *base case*.
4. Hitung profil tegangan dan rugi rugi saluran.
5. Mengecek apakah standar nilai profil tegangan telah sesuai standar yang diijinkan ($0,9 \leq V_{pu} \leq 1,0$)?
6. Apabila TIDAK: Memasang DG pada bus yang mengalami jatuh tegangan.
7. Memasang dua unit DG yaitu, *mikrohydro* dan *windturbine* dengan metode yang dijelaskan pada uraian 3.6.
8. Apabila "YA" / meningkat : Cetak Hasil dan Kesimpulan.
9. Selesai.

3.5 *Flowchart* Penyelesaian Masalah

Dibawah ini adalah *flowchart* penyelesaian masalah yang terjadi pada sistem 33 kV dan 20 kV PT. Indocement Tunggal Prakarsa, Tbk untuk memperbaiki profil tegangan dan mengurangi rugi-rugi daya saluran.

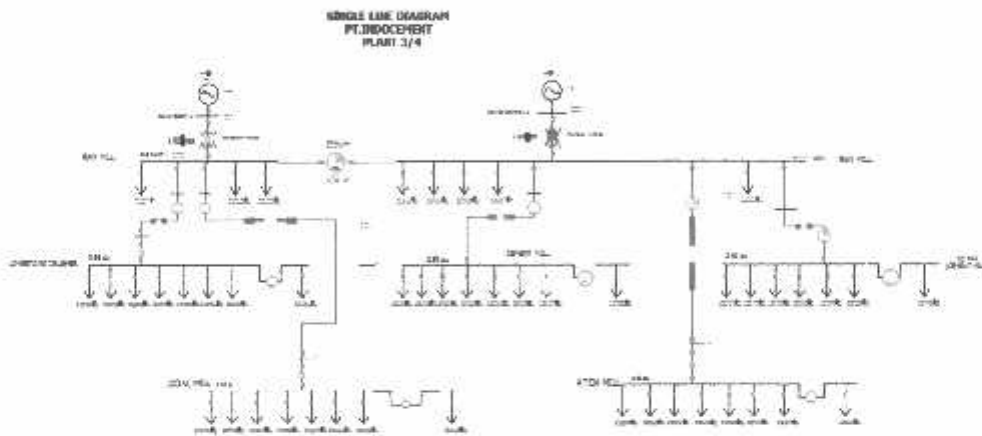


Gambar 3.2 Flow chart penyelesaian masalah

BAB IV
HASIL DAN ANALISIS HASIL

4.1 Data Sistem Distribusi PT. Indocement Tunggal Prakarsa

Data dan spesifikasi komponen yang digunakan merupakan hasil survey pengambilan data yang dilakukan di PT. Indocement Tunggal Prakarsa, Tbk (Persero) Jakarta. Berikut ini merupakan data dan *single linebase case* PT. Indocement Tunggal Prakarsa, Tbk seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.1 dan tabel 4.1, 4.2, 4.3



Gambar 4.1 *single line diagram* PT. Indocement Tunggal Prakarsa pada *software Power World*

Tabel 4.1 Data Generator

Tipe	MW	Mvar
<i>Slack Bus</i>	32.31	1.70

Tabel 4.2 Data Saluran

JENIS	PJG HANTARAN	PENGHUBUNG	
		DARI BUS	KE BUS
HANTARAN	(km)		
A3CS 3 x 150	5	Bus 1	Bus 2
A3CS 3 x 150	3.5	Bus 2	Bus 3
A3CS 3 x 150	4	Bus 3	Bus 4
A3CS 3 x 110	2	Bus 5	Bus 6
A3CS 3 x 180	4	Bus 2	Bus 8

A3CS 3 x 110	3	Bus 8	Bus 9
A3CS 3 x 150	7	Bus 8	Bus 10
A3CS 3 x 110	2	Bus 10	Bus 11

Tabel 4.3 Data Beban

Bus	Total Beban (MW)
1	0.02
2	3.85
3	1.49
4	2.97
5	0.85
6	5.75
8	3.14
9	7.52
10	4.12
11	1.12

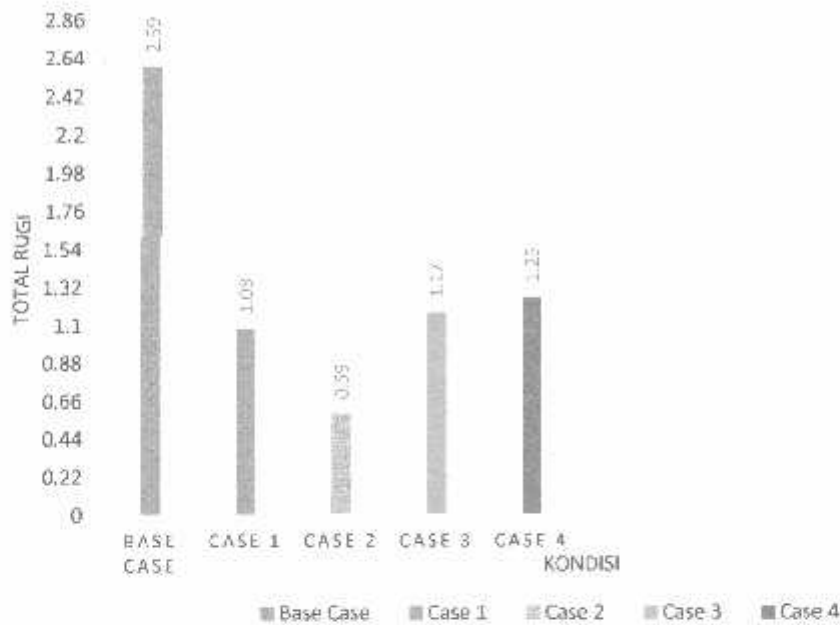
4.2 Hasil *Load Flow* Profil Tegangan dan Rugi Rugi Daya Saluran Pada Kondisi *Base Case*

Berdasarkan data (lampiran) dan single line PT. Indocement Tunggal Prakarsa, Tbk maka dapat dilakukan analisis aliran daya untuk mengetahui keadaan sistem dalam kondisi *base case* yaitu dengan kondisi *close* pada simulasi aliran daya. Berikut ini merupakan hasil profil tegangan yang ditunjukkan pada tabel 4.4

Tabel 4.4 Hasil *Load Flow* Tegangan Bus Kondisi *Base Case*

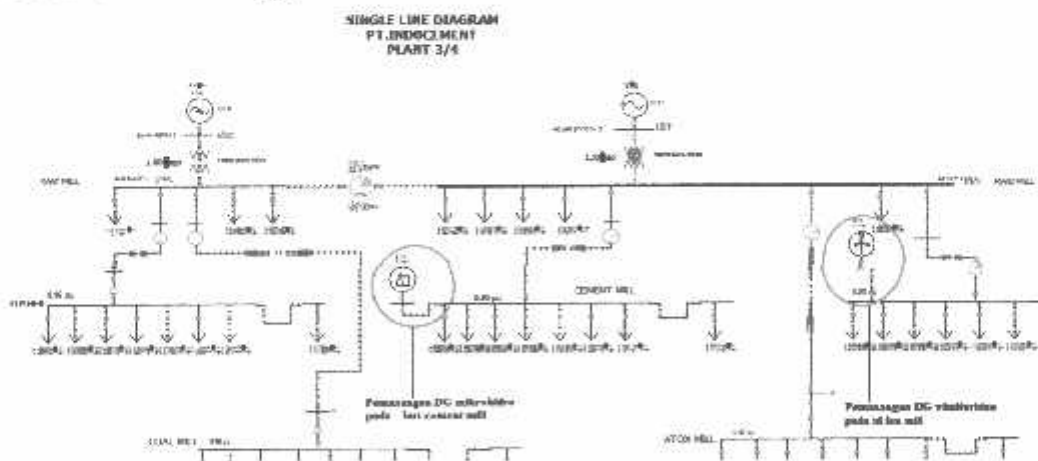
Bus	Tegangan Bus (P_n)
1	1
2	0.93649
3	0.93516
4	0.93484
5	0.94581

GRAFIK RUGI RUGI SALURAN



4.4 Pemasangan DG pada *Software Power World*

Berikut ini hasil pemasangan DG pada *software Power World* di Bus Cement mill dan id fan mill dengan kapasitas DG sebesar 5MW untuk memperbaiki profil tegangan dan penurunan rugi-rugi daya saluran pada sistem 33 kV dan 20 kV PT. Indocement Tunggal Prakarsa.



Gambar 4.2 Pemasangan Interkoneksi DG pada Bus 9

BAB V KESIMPULAN & SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil data dan uraian pada bab-bab sebelumnya, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Base Case
 - Terdapat 4 bus mengalami penurunan tegangan dibawah batas tegangan yang diijinkan.
 - Bus 9 mengalami penurunan tegangan terendah sebesar 0.82337 pu .
2. Dipasang dua unit DG yaitu *mikrohydro* dan *windturbine* Di bus 9
3. Sesudah Pemasangan DG:
 - Pemasangan DG pada bus 9 (Cement Mill & Id Fan Mill) mampu memperbaiki tegangan bus terendah 0.82menjadi 0.91 pu.
 - Pemasangan DG pada bus 9 (Cement Mill & Id fan Fan Mill) dapat menurunkan rugi rugi daya saluran sebesar 0.59

5.2 Saran

Saran yang dapat penulis berikan adalah:

Sebaiknya dilakukan penelitian lebih lanjut dengan memanfaatkan kembali renewable energy yang berpotensi dan alat alat component yang mampu memperbaiki profil tegangan dan mereduksi rugi rudi daya pada saluran.

DAFTAR PUSTAKA

1. Lasseter, R.H. "Dynamic distribution using distributed energy resources (DER)" *Architecture for a DER environment : IEEE PES & Meeting*, Dallas (2006)
2. Kazemi, A. and Karimi, E. "The effect interline power flow on area oscillation in power system", *scientia Iranica*, 15(2) (in press)
3. Kamel, R.M. and Nagasaka, K.. "Design and Implementation of various interface Distributed Generators (DG) in micro grid", Japan society of energy , Tokyo, (2009)
4. Zhu, Y. and Tomsovic, K. "Development of model for analyzing the load-following performance microturbine", *electric power system research*, pp.1-11 (2002)
5. Hannek, L.N and Jee, G. et al. "Turbine model for shaft combustion turbine", *IEEE trans. Power syst.*, pp 133-144 (1995)
6. Daly, P.A. Morrison. J., „Understanding The Potential Benefits of Distributed Generation on Power Delivery Systems”,
7. Rural Electric Power Conference, 2001, vol., No., pp. A2/1-A213, 2001
8. Gonen. T., 1986, "Electric Power Distribution System Engineering", McGraw-Hill New York.
9. Hansen,J.C.,Bower,J.,2003, "An Economic Evaluation of Small-Scale Distributed Electricity Generation Technologies", Oxford Institute for Energy Studies EI. 05, Oxford.
10. IEEE, 2003., "Standard For Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems", 1547 IEEE.
11. Jaganathan, R.K., Saha, T.K., 2004, "Voltage Stability Analysis of Grid Connected Embedded Generators", Australian Universities Power Engineering Conference, Australia.
12. W.D. Stevenson, Jr., 1985, "Elements of Power System Analysis", 4th Edition, McGraw-Hill International Book Company.

LAMPIRAN - LAMPIRAN



PT. BIR (PONSOR) MALANG
BANK NIAGA MALANG

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

Kampus I : J. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 85145
Kampus II : J. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : **Edo Eka Pratama**
Nim : **11.12.010**
Jurusan : **Teknik Elektro**
Konsentrasi : **Teknik Energi Listrik S-1**
Masa Bimbingan : **Semester Genap 2014-2015**
Judul : **PENINGKATAN PERFORMASI SISTEM DENGAN
INTERKONEKSI DG PADA SISTEM DISTRIBUSI
PT.INDOCEMENT TUNGGAL PRAKARSA
MENGGUNAKAN SOFTWARE *POWER WORLD***

Dipertahankan dihadapan Tim Penguji Skripsi Jenjang Program Strata Satu (S-1)

Pada Hari : Kamis
Tanggal : 27 Agustus 2015
Dengan Nilai : 78,6 (B+)

Panitia Ujian Skripsi :

Ketua Majelis Penguji

M. Ibrahim Ashari, ST, MT
NIP.P. 1030100358

Sekretaris Majelis Penguji

Dr. Eng. I Komang Somawirata ST, MT
NIP.Y.1030100361

Anggota Penguji :

Dosen Penguji I

Ir.Ni Putu Agustini, MT
NIP.Y. 1030100371

Dosen Penguji II

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



PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417836 Fax. (0341) 417634 Malang

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : EDO EKA PRATAMA
NIM : 1112010
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

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

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

Malang, September 2015

Yang membuat pernyataan



Edo Eka Pratama
NIM : 1112010



FORMULIR PERBAIKAN SKRIPSI

Dalam pelaksanaan Ujian Skripsi Jenjang Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi Teknik Energi Listrik, maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa :

Nama : Edo Eka Pratama
Nim : 11.12.010
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
Masa Bimbingan : Semester Genap 2014-2015
Judul Skripsi : **PENINGKATAN PERFORMASI SISTEM DENGAN INTERKONEKSI DG PADA SISTEM DISTRIBUSI PT.INDOCEMENT TUNGGAL PRAKARSA MENGGUNAKAN SOFTWARE *POWER WORLD***

No	Penguji	Tanggal	Uraian	Paraf
1.	Penguji I	27 Agustus 2015	1. Lembar Persetujuan 2. Flowchart 3. Lampiran	
2	Penguji II	27 Agustus 2015	1. Hasil Penelitian 2. Kesimpulan	

Disetujui:

Penguji I

Ir.Ni Putu Agustini, MT
NIP.Y. 1030100371

Penguji II

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

Mengetahui:

Dosen Pembimbing I

Ir. Teguh Herbasuki, MT
NIP. Y. 1038900209

Dosen Pembimbing II

Dr.Eng.Ir.I Made Wartana,MT
NIP.196105031992021001



PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NINGA MALANG

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

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

MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI
SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2014-2015

Nama : Edo Eka Pratama
Nim : 1112010
Masa Bimbingan : Semester Genap 2014 – 2015
Judul : Peningkatan Performasi Sistem dengan Interkoneksi DG pada Sistem Distribusi PT.Indocement Tunggal Prakarsa Menggunakan Software Power World

No.	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1	20-5-2015	Bimbingan laporan skripsi Bab 1 dan Bab 2	
2	25-05-2015	Konsultasi single line sistem distribusi PT. Indocement Tunggal Prakarsa	
3	02-06-2015	Bimbingan Rumusan Masalah sesuaikan dengan tujuan	
4	06-06-2015	Bimbingan Flowchart	
5	09-06-2015	Bimbingan makalah seminar progres	
6	19-06-2015	Bimbingan laporan skripsi Bab 3	
7	01-07-2015	Bimbingan hasil Analisa Sebelum dan Sesudah Pemasangan DG	
8	10-07-2015	Bimbingan laporan skripsi Bab 4 dan Bab 5	
9	28-10-2015	Bimbingan Abstrak dan ACC laporan skripsi	

Malang, September 2015

Dosen Pembimbing

Ir. Teguh Herbasuki, MT

NIP.Y. 1038900209

Form.S-4b



PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

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

MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI

SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2014-2015

Nama : Edo Eka Pratama
Nim : 1112010
Masa Bimbingan : Semester Genap 2014 – 2015
Judul : Peningkatan Performasi Sistem dengan Interkoneksi DG pada Sistem Distribusi PT.Indocement Tunggal Prakarsa Menggunakan Software Power World

No.	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1	18-05-2015	Input data parameter single line diagram	
2	22-05-2015	Chek hasil Load flow analisis PT.Inodecement	
3	29-05-2015	Optimal placement DG	
4	13-06-2015	Output setiap DG	
5	20-06-2015	Unjuk Kerja Sistem dari masing masing DG	
6	6-07-2015	Perbaiki tata tulis	
7	9-07-2015	Perbaiki makalah seminar hasil	
8	19-07-2015	Buat tabel perbandingan pada saat kondisi sebelum pemasangan DG dan Sesudah Pemasangan DG	
9	29-10-2015	Perbaiki tata tulis dan ACC laporan skripsi	

Malang, September 2015


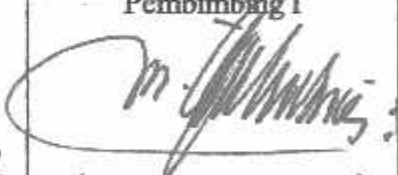

Dosen Pembimbing

Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT

NIP. 196105031992021001



**BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik**

1.	Nim	: 1112010	
2.	Nama	: EDO EKA PRATAMA	
3.	Konsentrasi Jurusan	: Teknik Energi Listrik	
4.	Jadwal Pelaksanaan:	Waktu	Tempat
	16 April 2015	09:00	III.1.4
5.	Judul proposal yang diseminarkan Mahasiswa	DESAIN DAN IMPLEMENTASI TURBIN MIKRO	
6.	Perubahan judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian	Peningkatan Performansi Sistem dengan Interkoneksi "Distributed Generators" pada Sistem Distribusi Radial menggunakan Software Power World	
7.	Catatan :		
8.	Catatan :		
	Persetujuan judul Skripsi		
	Disetujui, Dosen Keahlian I	Disetujui, Dosen Keahlian II	Disetujui, Dosen Keahlian III
	(.....)	(.....)	(.....)
Mengetahui, Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1	Disetujui, Calon Dosen Pembimbing ybs		
	Pembimbing I	Pembimbing II	
 M. Ibrahim Ashari, ST, MT NIP. P 1030100358	 (.....)	 (.....)	

PERMOHONAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Yang Bertanda Tangan Dibawah Ini:

Nama : Edo Eka Pratama
 NIM : 118210
 Semester : 8
 Fakultas : Teknologi Industri
 Jurusan : Teknik Elektro S-I ✓
 Konsentrasi : TEKNIK ENERGI LISTRIK ✓
TEKNIK ELEKTRONIKA
TEKNIK KOMPUTER DAN INFORMATIKA
TEKNIK KOMPUTER
TEKNIK TELEKOMUNIKASI

Alamat : Jl. Raya Kepunogo peramarah perum de fat h 110
 Dengan ini kami mengajukan permohonan untuk mendapatkan persetujuan untuk membuat SK Tingkat Sarjana. Untuk melengkapi permohonan tersebut, bersama ini kami lampirkan persyaratan-persy yang harus dipenuhi.

Adapun persyaratan- persyaratan pengambilan SKRIPSI adalah sebagai berikut:

1. Telah melaksanakan semua praktikum sesuai dengan konsentrasinya (.....)
2. Telah lulus dan menyerahkan laporan Praktek Kerja (.....)
3. Telah lulus seluruh mata kuliah keahlian (MKB) sesuai konsentrasinya (.....)
4. Telah menempuh matakuliah > 134 sks dengan IPK > 2 dan tidak ada nilai E (.....)
5. Telah mengikuti secara aktif kegiatan seminar Skripsi yang diadakan Jurusan (.....)
6. Memenuhi persyaratan administrasi (.....)

Demikian permohonan ini untuk mendapatkan penyelesaian lebih lanjut dan atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Telah diteliti kebenarannya data tersebut diatas
 Recording Teknik Elektro S-I

Malang, 23 - 08 -
 Pemohon

[Signature]
 (.....)

[Signature]
 (.....)

Disetujui
 Ketua Prodi Teknik Elektro S-I

Mengetahui
 Dosen Wali

[Signature]
M. Ibrahim Ashari, ST, MT
 NIP. P. 1030100358

[Signature]
 (Prof. Dr. R. Arot)

Catatan:

Bagi mahasiswa yang telah memenuhi persyaratan mengambil SKRIPSI agar membuat proposal dan i persetujuan dari Ketua Prodi T, elektro S-I

1. $IPK = \frac{452.5}{133} = 3.40$
2.
3. MK. Pend. Urahan



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

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

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

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

Nomor Surat : ITN-165/EL-FTI/2015

Tanggal, 28 Mei 2015

Lampiran : -

Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI

Kepada : Yth. Bapak/Ibu **Ir. Teguh Herbasuki, MT**
Dosen Teknik Elektro S-1
ITN MALANG

Dengan Hormat

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi untuk mahasiswa :

Nama : **EDO EKA PRATAMA**
Nim : **1112010**
Fakultas : **Teknologi Industri**
Program Studi : **Teknik Elektro S-1**
Konsentrasi : **Teknik Energi Listrik**

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada Saudara/i selama masa waktu :

"Semester Genap Tahun Akademik Genap 2014 - 2015"

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



Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1

M. Ibrahim Ashari, ST, MT
NIP.P. 1030100358



LEMBAGA PENELITIAN, PENGABDIAN MASYARAKAT DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

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

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

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

Nomor Surat : ITN-165/EL-FTI/2015 Tanggal, 28 Mei 2015
Lampiran : -
Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI

Kepada : Yth. Bapak/Ibu **Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT**
Dosen Teknik Elektro S-1
ITN MALANG

Dengan Hormat

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi untuk mahasiswa :

Nama : **EDO EKA PRATAMA**
Nim : **1112010**
Fakultas : **Teknologi Industri**
Program Studi : **Teknik Elektro S-1**
Konsentrasi : **Teknik Energi Listrik**

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada Saudara/i selama masa waktu :

“ Semester Genap Tahun Akademik Genap 2014 - 2015 “

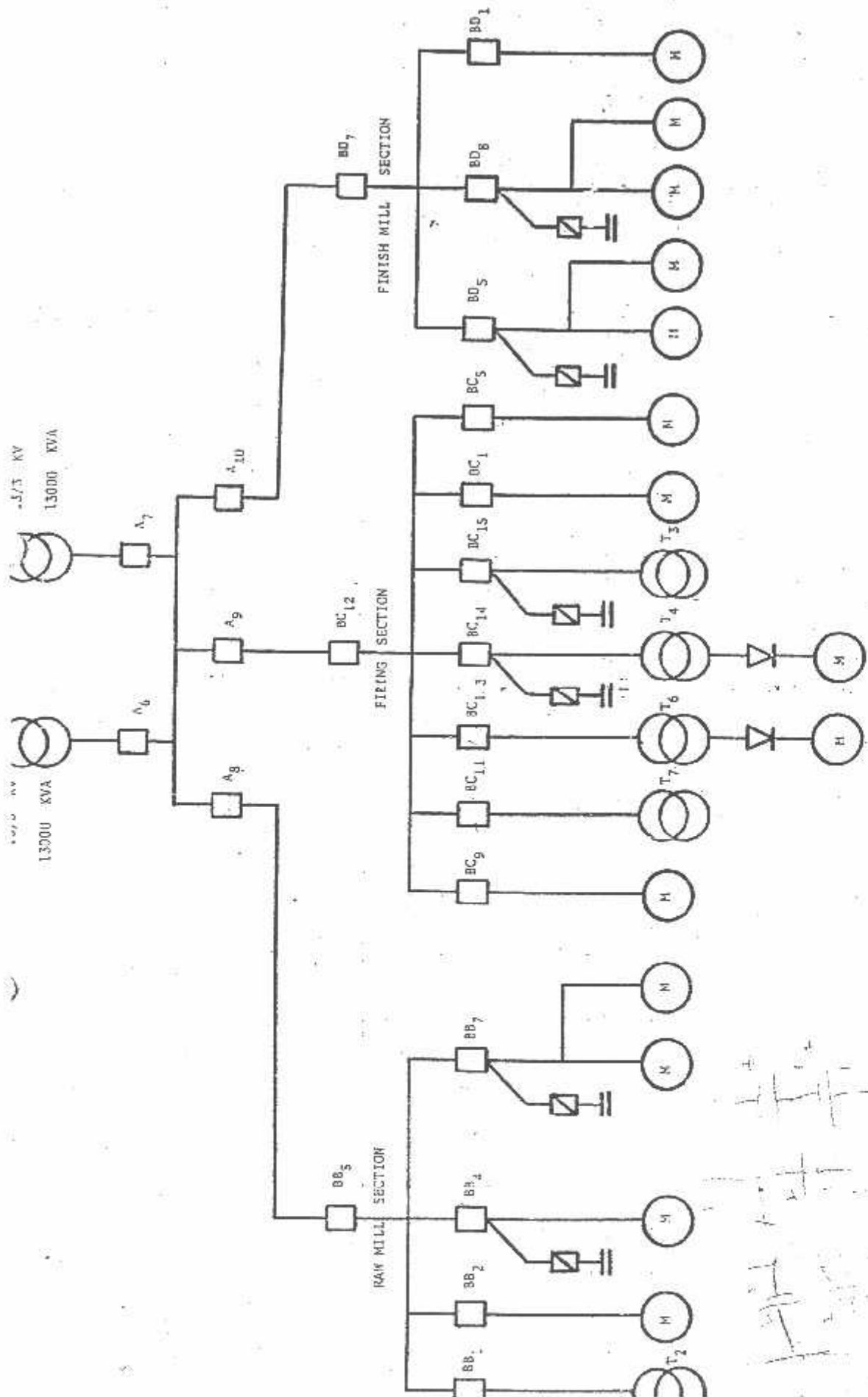
Demikian agar maklum dan atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan terima kasih.



Mengetahui
Program Studi Teknik Elektro S-1

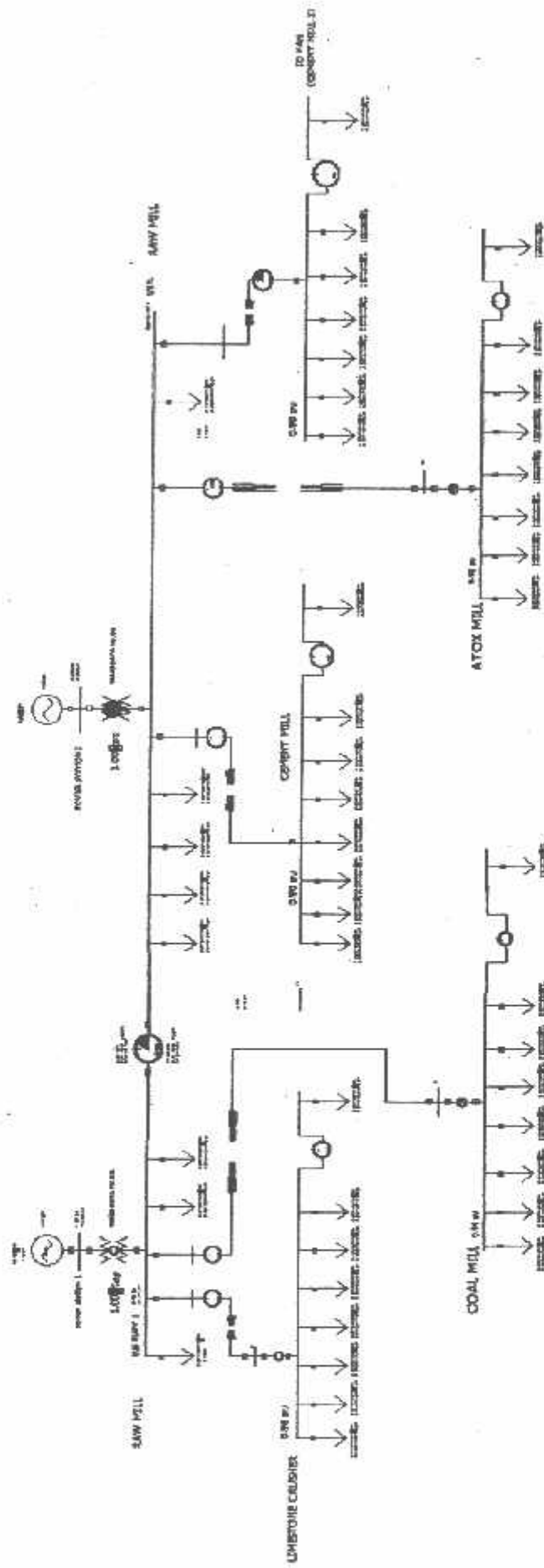
M. Ibrahim Ashari, ST, MT
NIP.P. 1030100358

13000 KVA
 5.75 KV
 13000 KVA



P IV PLANT

SINGLE LINE DIAGRAM
PT. UNDONGEMENT
PLANT 3/4



Tabel A.1. Karakteristik listrik dari penghantar aluminium terbuka yang diperkuat dengan baja (ACSR)*

Nama steel	Luas alu- minium (cm ²)	Luas alu- minium (ft ²)	Lapis- lapis aluminium	Diameter maks. in	Resistansi		A _s 50 Hz		GMS D ₁ (mm)	Kapasitansi per panjang per mil (pF/ft)	Kapasitansi per panjang per mil (pF/mi)
					50/40 D ₁ (mm)	50/40 D ₁ (ft)	20°C 60°C	20°C 60°C			
Waxwing	286,800	18/1	2	0,809	0,0648	0,3488	0,3831	0,476	0,0198	0,476	0,1090
Partridge	286,800	28/7	2	0,842	0,0640	0,3452	0,3792	0,465	0,0217	0,465	0,1074
Ostrich	300,000	28/7	2	0,880	0,0569	0,3070	0,3372	0,358	0,0229	0,358	0,1057
Martin	336,400	18/1	2	0,884	0,0512	0,2767	0,3037	0,462	0,0222	0,462	0,1055
Linnat	336,400	26/7	2	0,721	0,0507	0,2737	0,3008	0,451	0,0243	0,451	0,1040
Ochle	336,400	30/7	2	0,741	0,0504	0,2719	0,2987	0,445	0,0255	0,445	0,1032
Chickadee	397,600	18/1	2	0,743	0,0433	0,2342	0,2572	0,452	0,0241	0,452	0,1081
Ibis	397,600	26/7	2	0,783	0,0430	0,2328	0,2551	0,441	0,0264	0,441	0,1015
Pelican	477,000	18/1	2	0,814	0,0361	0,1957	0,2148	0,441	0,0264	0,441	0,1004
Flicker	477,000	24/7	2	0,846	0,0359	0,1943	0,2134	0,432	0,0289	0,432	0,0992
Hawk	477,000	26/7	2	0,858	0,0357	0,1931	0,2120	0,430	0,0289	0,430	0,0988
Hen	477,000	30/7	2	0,883	0,0355	0,1919	0,2107	0,424	0,0304	0,424	0,0980
Osprey	556,500	18/1	2	0,879	0,0309	0,1679	0,1843	0,432	0,0284	0,432	0,0981
Parakeet	556,500	24/7	2	0,914	0,0308	0,1669	0,1832	0,423	0,0306	0,423	0,0969
Dove	556,500	28/7	2	0,927	0,0307	0,1663	0,1828	0,420	0,0314	0,420	0,0965
Rock	636,000	24/7	2	0,977	0,0289	0,1461	0,1603	0,415	0,0327	0,415	0,0950
Grobeak	636,000	26/7	2	0,990	0,0288	0,1454	0,1598	0,412	0,0335	0,412	0,0948
Drake	795,000	26/7	2	1,108	0,0215	0,1172	0,1284	0,395	0,0373	0,395	0,0913
Tern	795,000	45/7	3	1,063	0,0217	0,1188	0,1302	0,406	0,0352	0,406	0,0925
Rail	954,000	45/7	3	1,165	0,0181	0,0997	0,1092	0,396	0,0386	0,396	0,0897
Cardinal	954,000	54/7	3	1,196	0,0180	0,0988	0,1082	0,390	0,0402	0,390	0,0890
Ortolan	1,033,000	45/7	3	1,213	0,0187	0,0924	0,1011	0,386	0,0402	0,386	0,0885
Bluejay	1,111,000	45/7	3	1,259	0,0155	0,0861	0,0941	0,386	0,0415	0,386	0,0874
Finch	1,113,000	54/19	3	1,293	0,0155	0,0856	0,0937	0,380	0,0436	0,380	0,0865
Bittern	1,272,000	45/7	3	1,345	0,0138	0,0782	0,0832	0,444	0,0444	0,444	0,0855
Phoebe	1,272,000	54/19	3	1,382	0,0135	0,0751	0,0821	0,437	0,0458	0,437	0,0847
Bobolink	1,431,000	45/7	3	1,427	0,0121	0,0684	0,0746	0,371	0,0470	0,371	0,0837
Plover	1,431,000	54/19	3	1,465	0,0120	0,0673	0,0735	0,365	0,0484	0,365	0,0829
Lapwing	1,590,000	45/7	3	1,502	0,0109	0,0623	0,0678	0,384	0,0498	0,384	0,0822
Falcon	1,590,000	54/19	3	1,545	0,0108	0,0612	0,0667	0,368	0,0523	0,368	0,0814

Data Beban

Number of Bus	Name of Bus	Area Name of Load	Zone Name of Load	ID	Status	MW	Mvar
2	BUS PLANT 1	1	1	1	Closed	0.07	0.05
2	BUS PLANT 1	1	1	2	Closed	0.01	0.01
2	BUS PLANT 1	1	1	3	Closed	0.04	0.03
4	LIMESTONE CRUSHER	1	1	1	Closed	0.15	0.1
4	LIMESTONE CRUSHER	1	1	2	Closed	0.08	0.05
4	LIMESTONE CRUSHER	1	1	3	Closed	0.01	0.01
4	LIMESTONE CRUSHER	1	1	4	Closed	0.08	0.05
4	LIMESTONE CRUSHER	1	1	5	Closed	0.04	0.03
4	LIMESTONE CRUSHER	1	1	6	Closed	0.12	0.09
4	LIMESTONE CRUSHER	1	1	7	Closed	0.08	0.06
4	LIMESTONE CRUSHER	1	1	8	Closed	0.02	0.01
6	COAL MILL	1	1	1	Closed	0.04	0.03
6	COAL MILL	1	1	2	Closed	0.03	0.02
6	COAL MILL	1	1	3	Closed	0.04	0.03
6	COAL MILL	1	1	4	Closed	0.02	0.01
6	COAL MILL	1	1	5	Closed	0.02	0.01
6	COAL MILL	1	1	6	Closed	0.03	0.02
6	COAL MILL	1	1	7	Closed	0.04	0.03
6	COAL MILL	1	1	8	Closed	0.08	0.05
8	BUS PLANT 2	1	1	1	Closed	0.08	0.05
8	BUS PLANT 2	1	1	2	Closed	0.08	0.05
8	BUS PLANT 2	1	1	3	Closed	0.02	0.02
8	BUS PLANT 2	1	1	4	Closed	0.05	0.04
8	BUS PLANT 2	1	1	5	Closed	0.12	0.09
9	CEMENT MILL	1	1	1	Closed	4.54	0.03
9	CEMENT MILL	1	1	2	Closed	3.05	0.04
9	CEMENT MILL	1	1	3	Closed	0.03	0.01
9	CEMENT MILL	1	1	4	Closed	0.06	0.01
9	CEMENT MILL	1	1	5	Closed	0.05	0.03
9	CEMENT MILL	1	1	6	Closed	2.05	0.02
9	CEMENT MILL	1	1	7	Closed	0.03	0.01
9	CEMENT MILL	1	1	8	Closed	4.54	0.02
9	CEMENT MILL	1	1	9	Closed	1	0
9	CEMENT MILL	1	1	A	Closed	1	0
9	CEMENT MILL	1	1	B	Closed	1	0

Line Records

From Number	From Name	To Number	To Name	Circuit	Status	Branch Device Type	Xfmr	MW From	Mvar From	MVA From
1	power station 1	2	BUS 33 KV	1	Closed	Transformer	YES	2.5	5.2	5.8
2	BUS 33 KV	3	3	1	Closed	Transformer	YES	0.6	0.4	0.7
2	BUS 33 KV	5	5	1	Closed	Transformer	YES	0.3	0.2	0.4
2	BUS 33 KV	8	BUS 33 KV	1	Closed	Line	NO	1.5	4.5	4.8
12	DG	2	BUS 33 KV	1	Open	Line	NO	0	0	0
12	DG	2	BUS 33 KV	2	Open	Line	NO	0	0	0
12	DG	2	BUS 33 KV	3	Open	Line	NO	0	0	0
3	3	4	4	1	Closed	Line	NO	0.6	0.4	0.7
5	5	6	6	1	Closed	Line	NO	0.3	0.2	0.4
7	POWER STATION 2	8	BUS 33 KV	1	Open	Transformer	YES	0	0	0
8	BUS 33 KV	9	9	1	Closed	Transformer	YES	0.3	-70.7	70.7
8	BUS 33 KV	9	9	2	Closed	Transformer	YES	0.4	74.6	74.6
8	BUS 33 KV	10	10	1	Closed	Transformer	YES	0.5	0.3	0.6
10	10	11	11	1	Closed	Line	NO	0.5	0.3	0.6

Line Records

From Number	From Name	To Number	To Name	Circuit	Status	Branch Device Type	Xformer	MW From	Mvar From	MVA From
1	power station 1	2	BUS 33 KV	1	Closed	Transformer	YES	1	1.2	1.6
2	BUS 33 KV	3	3	1	Closed	Transformer	YES	0.6	0.4	0.7
2	BUS 33 KV	5	5	1	Closed	Transformer	YES	0.3	0.2	0.4
2	BUS 33 KV	8	BUS 33 KV	1	Closed	Line	NO	1.5	4.5	4.8
12	DG	2	BUS 33 KV	1	Closed	Line	NO	0.5	1.2	1.3
12	DG	2	BUS 33 KV	2	Closed	Line	NO	0.4	0.9	1
12	DG	2	BUS 33 KV	3	Closed	Line	NO	0.7	1.9	2
3	3	4	4	1	Closed	Line	NO	0.6	0.4	0.7
5	5	6	6	1	Closed	Line	NO	0.3	0.2	0.4
7	POWER STATION 2	8	BUS 33 KV	1	Open	Transformer	YES	0	0	0
8	BUS 33 KV	9	9	1	Closed	Transformer	YES	0.3	-70.8	70.8
8	BUS 33 KV	9	9	2	Closed	Transformer	YES	0.4	74.7	74.7
8	BUS 33 KV	10	10	1	Closed	Transformer	YES	0.5	0.3	0.6
10	10	11	11	1	Closed	Line	NO	0.5	0.3	0.6

ELECTRICAL LOAD CALCULATION
NORMAL RUNNING GENSET

JPANG
ANG-2

Calculation

REV	1	2	3
DATE			
BY			
CHECK			
APPRO			

EQUIPMENT NO	REQUIRED LOAD A (KW)	RATED LOAD B (KW)	LOAD FACTOR C (A/B)	EFF. & PF AT LOAD FACTOR C		CONTINUOUS LOAD		INTERMITTENT LOAD		STANDBY LOAD		REMARKS
				Eff	PF	KW	KVAR	KW	KVAR	KW	KVAR	
1 KV	720.0	800.0	0.9	0.95	0.8	757.85	568.42					
1000 V	500.0	1000.0	0.5	0.95	0.8	947.37	710.53					
1000 V	636.0	710.0	0.9	0.85	0.8	672.63	504.47					
1000 V	282.5	315.0	0.9	0.95	0.8	298.42	223.82					
100 V	144.0	160.0	0.9	0.85	0.8	151.58	113.68					
100 V	144.0	100.0	0.9	0.85	0.8					151.58	113.68	
100 V	118.8	132.0	0.9	0.95	0.8	125.05	93.79					
100 V	188.5	185.0	0.9	0.85	0.8	175.28	131.45					
B 800x1000	0.8	8	0.9	0.95	0.8	7.11	5.33					
B 800x131778	0.8	8	0.9	0.95	0.8	7.11	5.33					
1-03	87.5	75	0.9	0.85	0.8	71.05	53.29					
1-03	1.4	1.5	0.9	0.95	0.8	1.42	1.02					
1-03	2.7	3	0.9	0.95	0.8	2.84	2.13					
1-03	0.5	1	0.9	0.95	0.8					0.52	0.39	
1-03	2.7	3	0.9	0.95	0.8					2.84	2.13	
1-03	0.5	1	0.9	0.95	0.8					0.52	0.39	
B 650x15100	19.8	22	0.9	0.85	0.8	20.84	15.63					
1-03	0.7	0.75	0.9	0.95	0.8	0.71	0.53					
2R47A	0.5	0.55	0.9	0.95	0.8	0.52	0.39					
B 650x10000	3.8	4	0.9	0.85	0.8	3.79	2.84					
0-650-500	0.0	0.02	0.9	0.95	0.8	0.02	0.01					
1-03	16.7	18.50	0.9	0.85	0.8	17.53	13.14					
50-118-5-2	2.7	3	0.9	0.95	0.8	2.84	2.13					
TD-3	0.5	1	0.9	0.95	0.8					0.52	0.39	
TD-3	0.5	1	0.9	0.95	0.8					0.52	0.39	
240-A100-L4	2.0	2.20	0.9	0.85	0.8	2.08	1.58					
27.5	13.5	15	0.9	0.95	0.8	14.21	10.66					
1-03	1.0	1.10	0.9	0.95	0.8	1.04	0.78					
1-03	2.0	2.20	0.9	0.85	0.8	2.08	1.58					
1-03	3.8	4	0.9	0.85	0.8	3.79	2.84					
1-03	8.8	7.50	0.9	0.95	0.8	7.11	5.33					
1-03	81.0	90	0.9	0.95	0.8	85.26	63.95					
1-03	0.7	0.75	0.9	0.95	0.8	0.71	0.53					
1-03	0.2	0.25	0.9	0.95	0.8	0.24	0.18					
1-03	0.1	0.10	0.9	0.95	0.8	0.20	0.07					
1-03	2.7	3	0.9	0.95	0.8					2.84	2.13	
1-03	0.9	1	0.9	0.95	0.8					0.95	0.71	
1-03	3.8	4	0.9	0.85	0.8	3.79	2.84					
1-03	3.8	4	0.9	0.85	0.8	3.79	2.84					
1-03	3.8	4	0.9	0.85	0.8	3.79	2.84					
1-03	0.4	0.4	0.9	0.95	0.8	0.38	0.28					
1-03	3.8	4	0.9	0.85	0.8	3.79	2.84					
1-03	0.0	0.02	0.9	0.95	0.8	0.02	0.01					
1-03	0.9	1	0.9	0.95	0.8					0.95	0.71	
1-03	8.8	7.50	0.9	0.95	0.8	7.11	5.33					
1-03	1.0	1.10	0.9	0.95	0.8	1.04	0.78			1.04	0.78	
1-03	0.7	0.75	0.9	0.95	0.8	0.71	0.53			0.71	0.53	
1-03	1.0	1.10	0.9	0.95	0.8	1.04	0.78			1.04	0.78	
1-03	4.0	4.40	0.9	0.95	0.8	4.17	3.13					
1-03	5.0	5.50	0.9	0.85	0.8	5.21	3.91					

Diversity Factor
1.10
1.00
1.01

603-760

761.7

POWER SUPPLY EQUIPMENT LIST AND CONTROL CABLE

OBJECT : PT. Semen Kupang II

PARTEMENT : MCC 2 / I

(LV DISTRIBUTION SYSTEM)

K. MORA

NO.	NUMBER OF EQUIPMENT	SPECIFICATION	TYPE	DIMENSION (W X H X D)	QTY	CABLE NO.	CABLE DESCRIPTION			CABLE ROUTE	
							CORE-MM-VOL-TAGE-TYPE	DIA. mm	LENGTH mm	From	To
ARTEMENT : MCC 4											
803.201	1	Power transformer	Sg - 6000 Kva - 6/0.4 KVA	1180x2200x2870 (23065 Kg)	1	PC 811-001	3C-35-8/10-R25SEF-66Y	30	170	811.040	MCC 2-Transformer
803.202	1	Switchgear	JK12-08/3 K	1000 x 2200 x 800	1						
803.203	1	Switchgear	JK12-31/3 J	800 x 2200 x 800	1						
803.204	1	Switchgear	JK12-30/3 J	800 x 2200 x 800	1						
803.205	1	P.F.C	JKG-01/160 Kvar	800 x 2200 x 800	1						
803.206	1	P.F.C	JKG-02/128 Kvar	800 x 2200 x 800	1						
803.207	1	Busbear Coupling	JK12-14/3 K	800 x 2200 x 800	1						
ARTEMENT : MCC 5											
803.401	1	Power transformer	Sg - 1250 Kva - 8/0.4 KVA	1380x2787x2451 (6230 Kg)	1	PC 803		50	30		MCC 3
803.402	1	Switchgear	JK12-08/3 L	1000 x 2200 x 800	1						
803.403	1	Switchgear	JK12-31/3 J	800 x 2200 x 800	1						
803.404	1	Switchgear	JK12-30/3 J	800 x 2200 x 800	1						
803.405	1	P.F.C	JKG-01/160 Kvar	800 x 2200 x 800	1						
803.406	1	P.F.C	JKG-01/160 Kvar	800 x 2200 x 800	1						
803.407	1	Busbear Coupling	JK12-14/3 K	800 x 2200 x 800	1						
ARTEMENT : MCC 7											
803.601	1	Power transformer	Sg - 1250 Kva - 8/0.4 KVA	1378x2787x2451 (6230 Kg)	1	PC 600		30	129	811.170	MCC 6
803.602	1	Switchgear	JK12-08/3 L	1000 x 2200 x 800	1						
803.603	1	Switchgear	JK12-31/3 J	800 x 2200 x 800	1						
803.604	1	Switchgear	JK12-30/3 J	800 x 2200 x 800	1						
803.605	1	P.F.C	JKG-01/160 Kvar	800 x 2200 x 800	1						
803.606	1	P.F.C	JKG-01/160 Kvar	800 x 2200 x 800	1						
803.607	1	Busbear Coupling	JK12-14/3 K	800 x 2200 x 800	1						
ARTEMENT : MCC 8											
803.701	1	Power transformer	Sg - 1000 Kva - 6/0.4 KVA	1378x2787x2451 (6230 Kg)	1	PC 700		50	120	811.530	MCC 7
803.702	1	Switchgear	JK12-08/3 L	1000 x 2200 x 800	1						
803.703	1	Switchgear	JK12-31/3 J	800 x 2200 x 800	1						
803.704	1	Switchgear	JK12-30/3 J	800 x 2200 x 800	1						
803.705	1	P.F.C	JKG-01/160 Kvar	800 x 2200 x 800	1						
803.706	1	P.F.C	JKG-01/160 Kvar	800 x 2200 x 800	1						
803.707	1	Busbear Coupling	JK12-14/3 K	800 x 2200 x 800	1						
ARTEMENT : MCC 9											
803.801	1	Power transformer	Sg - 1000 Kva - 6/0.4 KVA	1440x2835x2770 (4300 Kg)	1	PC 800		50	130	811.570	MCC 8
803.802	1	Switchgear	JK12-08/3 L	1000 x 2200 x 800	1						
803.803	1	Switchgear	JK12-31/3 J	800 x 2200 x 800	1						
803.804	1	Switchgear	JK12-30/3 J	800 x 2200 x 800	1						
803.805	1	P.F.C	JKG-01/160 Kvar	800 x 2200 x 800	1						
803.806	1	P.F.C	JKG-01/160 Kvar	800 x 2200 x 800	1						
803.807	1	Busbear Coupling	JK12-14/3 K	800 x 2200 x 800	1						

(Not single line diagram)

POWER/CONTROL CABLE & CONDUIT SCHEDULE

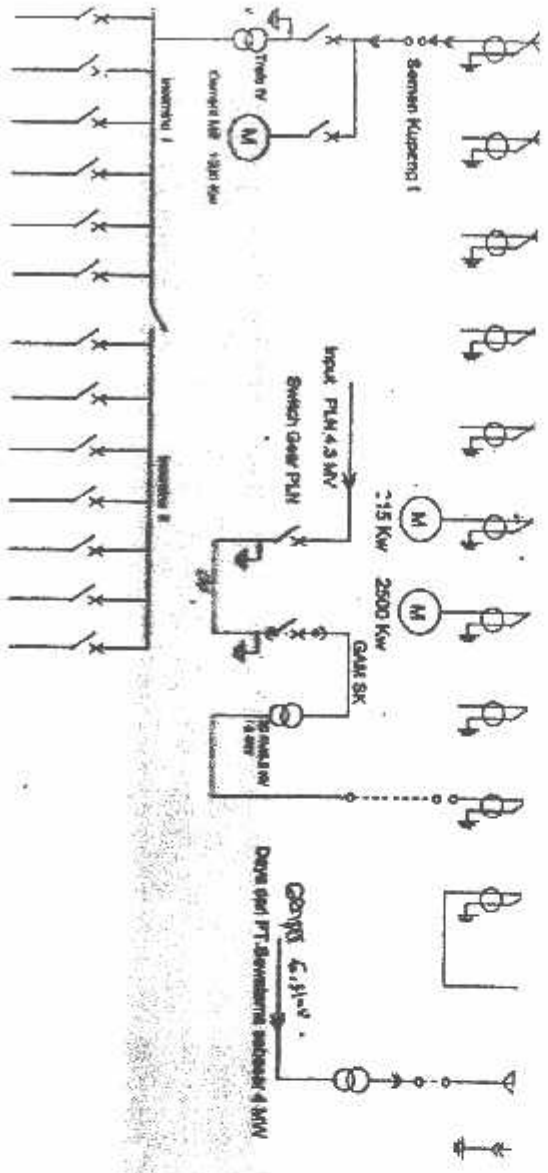
PROJECT : Semen Kupang 2
 DEPARTMENT : Main Distributing Substation(811)
 MADE BY : Mason-Hu (胡明足)

No.	CABLE No.	CABLE DESCRIPTION			CABLE ROUTE				CONDUIT		Remark	
		Core-mm ² -Voltage-Type	Out-Dia.Ø mm	Length m	From	To	In Ditch	Laid Method Under Ground In Tray In Conduit	In-Dia.Ø mm	Length m		
1	PC6-811-001	3C-35-6/10-N2XSEFGbY	50	170	811.040	MCC2--Transformer		✓		80	6	
2	PC6-811-002	3C-35-6/10-N2XSEFGbY	50	90	811.180	MCC4--Transformer		✓		80	6	
3	PC6-811-003	3C-35-6/10-N2XSEFGbY	50	120	811.170	MCC8--Transformer		✓		80	6	
4	PC8-811-004	3C-35-6/10-N2XSEFGbY	50	120	811.030	MCC7--Transformer		✓		80	6	
5	PC8-811-005	3C-35-6/10-N2XSEFGbY	50	150	811.190	MCC8--Transformer		✓		80	6	
6	PC6-811-006	3C-35-6/10-N2XSEFGbY	50	320	811.070	MCC1-M.V Motor 131.100	HANUNAR CRUSHER			80	6	
7	PC6-811-007	3C-35-6/10-N2XSEFGbY	50	140	811.080	MCC7-M.V Motor 341.060	ATON MILL			80	6	
8	PC6-811-008	3C-35-6/10-N2XSEFGbY	50	145	811.050	MCC7-M.V Motor 341.140	FAN			80	6	
9	PC6-811-009	3C-35-6/10-N2XSEFGbY	50	65	811.160	MCC4-M.V Motor 421.300	ID FAN			80	6	
10	PC6-811-010	3C-35-6/10-N2XSEFGbY	50	150	811.060	MCC7-M.V Motor 481.100	COOL WATER			80	6	
11	PC6-811-011	3C-120-6/10-N2XSEFGbY	64	185	811.150	MCC8-M.V Motor 541.200	CONVERTER PUMP			80	6	
12	PC6-811-012	3C-35-6/10-N2XSEBY	47	5	811.020 V	811.320	PFC CAPASITY					
13	PC6-811-013	3C-35-6/10-N2XSEBY	47	20	811.200	811.230		✓				
14	PC-811-001	4C-10-0.30.5-NYM	19.8	10	811.220	811.330		✓				AC POWER PANEL
15	PC-811-005	4C-10-0.30.5-NYFGbY	21.2	55	811.330	MCC4-803.403		✓		32	6	
16	CC-811-001	7C-2.5-0.6/1-NYFGbY	17.0	170	811.040	MCC2-Transformer		✓		32	6	
17	CC-811-003	7C-2.5-0.6/1-NYFGbY	17.0	50	811.180	MCC4-Transformer		✓		32	6	
18	CC-811-005	7C-2.5-0.6/1-NYFGbY	17.0	120	811.170	MCC8-Transformer		✓		32	6	
19	CC-811-007	7C-2.5-0.6/1-NYFGbY	17.0	120	811.030	MCC7-Transformer		✓		32	6	
20	CC-811-009	7C-2.5-0.6/1-NYFGbY	17.0	150	811.190	MCC8-Transformer		✓		32	6	

YN01.803.006
 YN01.803.008

No.	Cable	From	To	Power of Motor	Laid way			In-Dia. Length (m)	CONDUIT		Elevation
					In Duct	Under Ground	In Tray		In Conduit	Workshop	
47.	PC-E20-20	3C-2.5-0.6/1-NYY	+461.300.E20-X01	2.0KW				25	6	461.300	FL+21.200
48.	PC-E20-22	3C-2.5-0.6/1-NYY	+461.300.E20-X01	2.0KW				25	8	461.300	FL+21.200
49.	PC-E20-24	3C-2.5-0.6/1-NYY	+461.300.E20-X01	1.0KW				25	8	461.300	FL+21.200
50.	PC-E20-26	3C-2.5-0.6/1-NYY	+461.300.E20-X01	1.0KW				25	8	461.300	FL+21.200
51.	PC-E20-28	3C-2.5-0.6/1-NYY	+461.300.E20-X01	1.0KW				25	-10	461.300	FL+21.200
52.	PC-E20-30	3C-2.5-0.6/1-NYY	+461.300.E20-X01	1.0KW				25	-10	461.300	FL+21.200
53.	PC-E21-02	4C-2.5-0.6/1-NYY	+461.300.E21-X02	0.37KW				25	-10	461.300	FL+21.200
54.	PC-E21-04	4C-2.5-0.6/1-NYY	+461.300.E21-X02	0.37KW				25	-10	461.300	FL+21.200
55.	PC-E21-06	4C-2.5-0.6/1-NYY	+461.300.E21-X02	0.37KW				25	-10	461.300	FL+21.200
56.	PC-E21-08	4C-2.5-0.6/1-NYY	+461.300.E21-X02	0.37KW				25	-10	461.300	FL+21.200
57.	PC-E21-10	4C-2.5-0.6/1-NYY	+461.300.E21-X02	0.37KW				25	-10	461.300	FL+21.200
58.	PC-E21-12	4C-2.5-0.6/1-NYY	+461.300.E21-X02	0.4KW				25	10	461.300	FL+14.200
59.	PC-E21-14	4C-2.5-0.6/1-NYY	+461.300.E21-X02	0.4KW				25	8	461.300	FL+14.200
60.	PC-E21-16	4C-2.5-0.6/1-NYY	+461.300.E21-X02	0.4KW				25	8	461.300	FL+14.200
61.	PC-E21-18	4C-2.5-0.6/1-NYY	+461.300.E21-X02	0.4KW				25	10	461.300	FL+14.200
62.	PC-E21-20	4C-2.5-0.6/1-NYY	+461.300.E21-X02	1.1KW				25	10	461.300	FL+14.200
63.	PC-E21-22	4C-2.5-0.6/1-NYY	+461.300.E21-X02	1.1KW				25	8	461.300	FL+14.200
64.	PC-E21-24	4C-2.5-0.6/1-NYY	+461.300.E21-X02	1.1KW				25	8	461.300	FL+14.200
65.	PC-E21-26	4C-2.5-0.6/1-NYY	+461.300.E21-X02	1.1KW				25	10	461.300	FL+14.200
66.	PC-E01-02	2C-35-0.8/1-NYY	+461.300.E01	16.5kVA					10	461.300	FL+9.700
67.	PC-E02-02	2C-35-0.8/1-NYY	+461.300.E02	16.5kVA					8	461.300	FL+9.700

DESIGNED	CHECKED	VERIFIED	APPROVED



- 800 Kw (M)
- 710 Kw (M)
- 315 Kw (M)
- 1000 Kw (M)

P₁ P₂ P₃ P₄ P₅ P₆ P₇ P₈ P₉ P₁₀ P₁₁ P₁₂ P₁₃ P₁₄ P₁₅ P₁₆ P₁₇ P₁₈ P₁₉ P₂₀ P₂₁ P₂₂ P₂₃ P₂₄ P₂₅ P₂₆ P₂₇ P₂₈ P₂₉ P₃₀ P₃₁ P₃₂ P₃₃ P₃₄ P₃₅ P₃₆ P₃₇ P₃₈ P₃₉ P₄₀ P₄₁ P₄₂ P₄₃ P₄₄ P₄₅ P₄₆ P₄₇ P₄₈ P₄₉ P₅₀ P₅₁ P₅₂ P₅₃ P₅₄ P₅₅ P₅₆ P₅₇ P₅₈ P₅₉ P₆₀ P₆₁ P₆₂ P₆₃ P₆₄ P₆₅ P₆₆ P₆₇ P₆₈ P₆₉ P₇₀ P₇₁ P₇₂ P₇₃ P₇₄ P₇₅ P₇₆ P₇₇ P₇₈ P₇₉ P₈₀ P₈₁ P₈₂ P₈₃ P₈₄ P₈₅ P₈₆ P₈₇ P₈₈ P₈₉ P₉₀ P₉₁ P₉₂ P₉₃ P₉₄ P₉₅ P₉₆ P₉₇ P₉₈ P₉₉ P₁₀₀

SINGLE LINE DIAGRAM
SEBELUM PEMASANGAN DG

POWER FLOW LIST

SUMMARY RECORD : CLOSED CIRCUIT/ OPTION (OFF DG)

BUS 1 power station 1 75.0 MW Mvar MVA % GIC Amps 1.0000 -0.00 1 1

GIC DC Volt = 0.00

GENERATOR 1 2.53 5.22R 5.8 0.0

TO 2 BUS 33 KV 1 2.53 5.22 5.8 58 0.0N 1.0000TA 0.0

BUS 2 BUS 33 KV 33.0 MW Mvar MVA % GIC Amps 0.9990 -0.03 1 1

GIC DC Volt = 0.00

LOAD 1 0.07 0.05 0.1

LOAD 2 0.01 0.01 0.0

LOAD 3 0.04 0.03 0.0

TO 1 power station 1 1 -2.53 -5.21 5.8 58 0.0N 1.0000NT 0.0

TO 3 3 1 0.58 0.41 0.7 0 0.0N 1.0375TA 0.0

TO 5 5 1 0.30 0.21 0.4 0 0.0N 1.0000TA 0.0

TO 8 BUS 33 KV 1 1.53 4.51 4.8 0 0.0

TO 12 DG 1 0.00 0.00 0.0 0 0.0 (OPEN)

TO 12 DG 2 0.00 0.00 0.0 0 0.0 (OPEN)

TO 12 DG 3 0.00 0.00 0.0 0 0.0 (OPEN)

BUS 3 3 33.0 MW Mvar MVA % GIC Amps 0.9629 -0.03 1 1

GIC DC Volt = 0.00

TO 2 BUS 33 KV 1 -0.58 -0.41 0.7 0 0.0N 1.0375NT 0.0

TO 4 4 1 0.58 0.41 0.7 0 0.0

BUS 4 4 20.0 MW Mvar MVA % GIC Amps 0.9628 -0.04 1 1

GIC DC Volt = 0.00

LOAD 1 0.15 0.10 0.2

LOAD 2 0.08 0.05 0.1

LOAD 3 0.01 0.01 0.0
 LOAD 4 0.08 0.05 0.1
 LOAD 5 0.04 0.03 0.1
 LOAD 6 0.12 0.09 0.2
 LOAD 7 0.08 0.06 0.1
 LOAD 8 0.02 0.01 0.0
 TO 33 1 -0.58 -0.41 0.7 0 0.0

BUS 55 33.0 MW Mvar MVA % GIC Amps 0.9989 -0.04 1 1
 GIC DC Volt = 0.00
 TO 2 BUS 33 KV 1 -0.30 -0.21 0.4 0 0.0N 1.0000NT 0.0
 TO 66 1 0.30 0.21 0.4 0 0.0

BUS 66 20.0 MW Mvar MVA % GIC Amps 0.9989 0.04 1 1
 GIC DC Volt = 0.00
 LOAD 1 0.04 0.03 0.0
 LOAD 2 0.03 0.02 0.0
 LOAD 3 0.04 0.03 0.0
 LOAD 4 0.02 0.01 0.0
 LOAD 5 0.02 0.01 0.0
 LOAD 6 0.03 0.02 0.0
 LOAD 7 0.04 0.03 0.0
 LOAD 8 0.08 0.05 0.1
 TO 55 1 -0.30 -0.21 0.4 0 0.0

BUS 7 POWER STATION 2 75.0 MW Mvar MVA % GIC Amps 0.0000 0.00 1 1
 GIC DC Volt = 0.00
 GENERATOR 1 0.00 0.00 0.0 0.0 (OPEN)
 TO 8 BUS 33 KV 1 0.00 0.00 0.0 0 0.0N 1.0000TA 0.0 (OPEN)

BUS 8 BUS 33 KV 33.0 MW Mvar MVA % GIC Amps 0.9940 -0.13 1 1

GIC DC Volt = 0.00

LOAD 1 0.08 0.05 0.1

LOAD 2 0.08 0.05 0.1

LOAD 3 0.02 0.02 0.0

LOAD 4 0.05 0.04 0.1

LOAD 5 0.12 0.09 0.2

TO 2 BUS 33 KV 1 -1.53 -4.49 4.7 0 0.0

TO 7 POWER STATION 2 1 0.00 0.00 0.0 0 0.0N 1.0000NT 0.0 (OPEN)

TO 99 1 0.26 -70.65 70.7 0 0.0N 1.0500TA 0.0

TO 99 2 0.41 74.55 74.6 0 0.0N 1.0000TA 0.0

TO 10 10 1 0.51 0.34 0.6 0 0.0N 1.0000TA 0.0

BUS 99 20.0 MW Mvar MVA % GIC Amps 0.9749 -0.13 1 1

GIC DC Volt = 0.00

LOAD 1 0.04 0.03 0.0

LOAD 2 0.05 0.04 0.1

LOAD 3 0.03 0.01 0.0

LOAD 4 0.06 0.01 0.1

LOAD 5 0.05 0.03 0.1

LOAD 6 0.05 0.02 0.1

LOAD 7 0.03 0.01 0.0

LOAD 8 0.04 0.02 0.0

LOAD A 0.07 0.05 0.1

LOAD B 0.05 0.03 0.1

LOAD C 0.06 0.04 0.1

LOAD D 0.07 0.05 0.1

LOAD E 0.07 0.03 0.1

TO 8 BUS 33 KV 1 -0.26 72.76 72.8 0 0.0N 1.0500NT 0.0
TO 8 BUS 33 KV 2 -0.41 -73.12 73.1 0 0.0N 1.0000NT 0.0

BUS 10 10 33.0 MW Mvar MVA % GIC Amps 0.9937 -0.15 1 1

GIC DC Volt = 0.00

TO 8 BUS 33 KV 1 -0.51 -0.34 0.6 0 0.0N 1.0000NT 0.0

TO 11 11 1 0.51 0.34 0.6 0 0.0

BUS 11 11 20.0 MW Mvar MVA % GIC Amps 0.9937 -0.15 1 1

GIC DC Volt = 0.00

LOAD 9 0.07 0.05 0.1

LOAD A 0.10 0.07 0.1

LOAD B 0.10 0.06 0.1

LOAD C 0.16 0.08 0.2

LOAD D 0.08 0.07 0.1

TO 10 10 1 -0.51 -0.34 0.6 0 0.0

BUS 12 DG 33.0 MW Mvar MVA % GIC Amps 0.0000 0.00 1 1

GIC DC Volt = 0.00

GENERATOR 1 0.00 0.00 0.0 0.0 (OPEN)

GENERATOR 2 0.00 0.00 0.0 0.0 (OPEN)

GENERATOR 3 0.00 0.00 0.0 0.0 (OPEN)

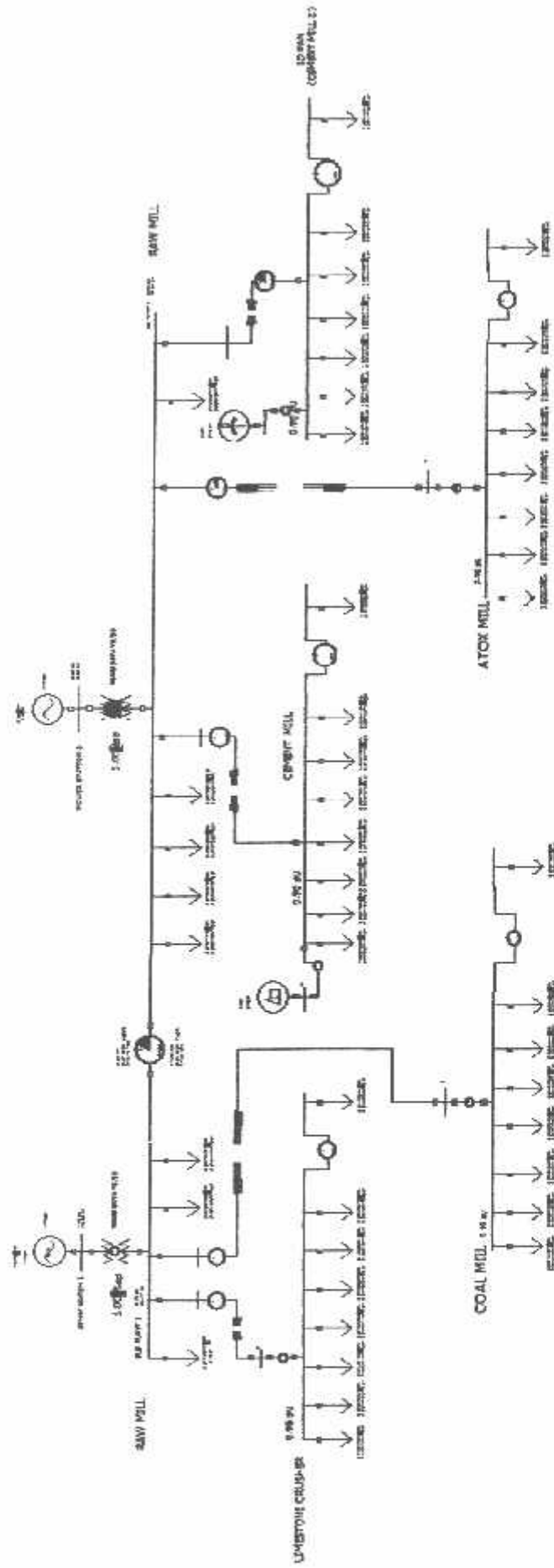
TO 2 BUS 33 KV 1 0.00 0.00 0.0 0 0.0 (OPEN)

TO 2 BUS 33 KV 2 0.00 0.00 0.0 0 0.0 (OPEN)

TO 2 BUS 33 KV 3 0.00 0.00 0.0 0 0.0 (OPEN)

SINGLE LINE DIAGRAM
SESUDAH PEMASANGAN DG

SINGLE LINE DIAGRAM
PT.INDOCEMENT
PLANT 3/4



POWER FLOW LIST

SUMMARY RECORD : CLOSED CIRCUIT/ OPTION (ON DG)

BUS 1 power station 1 75.0 MW Mvar MVA % GIC Amps 1.0000 -0.00 1 1

GIC DC Volt = 0.00

GENERATOR 1 1.54 1.24R 2.0 0.0

TO 2 BUS 33 KV 1 1.54 1.24 2.0 20 0.0N 1.0000TA 0.0

BUS 2 BUS 33 KV 33.0 MW Mvar MVA % GIC Amps 0.9998 -0.02 1 1

GIC DC Volt = 0.00

LOAD 1 0.07 0.05 0.1

LOAD 2 0.01 0.01 0.0

LOAD 3 0.04 0.03 0.0

TO 1 power station 1 1 -1.54 -1.24 2.0 20 0.0N 1.0000NT 0.0

TO 3 3 1 0.58 0.41 0.7 0 0.0N 1.0375TA 0.0

TO 5 5 1 0.30 0.21 0.4 0 0.0N 1.0000TA 0.0

TO 8 BUS 33 KV 1 1.53 4.52 4.8 0 0.0

TO 12 DG 1 -0.30 -1.20 1.2 0 0.0

TO 12 DG 2 -0.23 -0.91 0.9 0 0.0

TO 12 DG 3 -0.46 -1.86 1.9 0 0.0

BUS 3 3 33.0 MW Mvar MVA % GIC Amps 0.9636 -0.02 1 1

GIC DC Volt = 0.00

TO 2 BUS 33 KV 1 -0.58 -0.41 0.7 0 0.0N 1.0375NT 0.0

TO 4 4 1 0.58 0.41 0.7 0 0.0

BUS 4 4 20.0 MW Mvar MVA % GIC Amps 0.9635 -0.03 1 1

GIC DC Volt = 0.00

LOAD 1 0.15 0.10 0.2

TO 8 BUS 33 KV 1 0.00 0.00 0.0 0 0.0N 1.0000TA 0.0 (OPEN)

BUS 8 BUS 33 KV 33.0 MW Mvar MVA % GIC Amps 0.9947 -0.12 1 1

GIC DC Volt = 0.00

LOAD 1 0.08 0.05 0.1

LOAD 2 0.08 0.05 0.1

LOAD 3 0.02 0.02 0.0

LOAD 4 0.05 0.04 0.1

LOAD 5 0.12 0.09 0.2

TO 2 BUS 33 KV 1 -1.53 -4.49 4.7 0 0.0

TO 7 POWER STATION 2 1 0.00 0.00 0.0 0 0.0N 1.0000NT 0.0 (OPEN)

TO 99 1 0.26 -70.76 70.8 0 0.0N 1.0500TA 0.0

TO 99 2 0.41 74.66 74.7 0 0.0N 1.0000TA 0.0

TO 10 10 1 0.51 0.34 0.6 0 0.0N 1.0000TA 0.0

BUS 99 20.0 MW Mvar MVA % GIC Amps 0.9756 -0.12 1 1

GIC DC Volt = 0.00

LOAD 1 0.04 0.03 0.0

LOAD 2 0.05 0.04 0.1

LOAD 3 0.03 0.01 0.0

LOAD 4 0.06 0.01 0.1

LOAD 5 0.05 0.03 0.1

LOAD 6 0.05 0.02 0.1

LOAD 7 0.03 0.01 0.0

LOAD 8 0.04 0.02 0.0

LOAD A 0.07 0.05 0.1

LOAD B 0.05 0.03 0.1

LOAD C 0.06 0.04 0.1

LOAD D 0.07 0.05 0.1

LOAD E 0.07 0.03 0.1
TO 8 BUS 33 KV 1 -0.26 72.87 72.9 0 0.0N 1.0500NT 0.0
TO 8 BUS 33 KV 2 -0.41 -73.23 73.2 0 0.0N 1.0000NT 0.0

BUS 10 10 33.0 MW Mvar MVA % GIC Amps 0.9944 -0.14 1 1
GIC DC Volt = 0.00
TO 8 BUS 33 KV 1 -0.51 -0.34 0.6 0 0.0N 1.0000NT 0.0
TO 11 11 1 0.51 0.34 0.6 0 0.0

BUS 11 11 20.0 MW Mvar MVA % GIC Amps 0.9944 -0.14 1 1
GIC DC Volt = 0.00
LOAD 9 0.07 0.05 0.1
LOAD A 0.10 0.07 0.1
LOAD B 0.10 0.06 0.1
LOAD C 0.16 0.08 0.2
LOAD D 0.08 0.07 0.1
TO 10 10 1 -0.51 -0.34 0.6 0 0.0

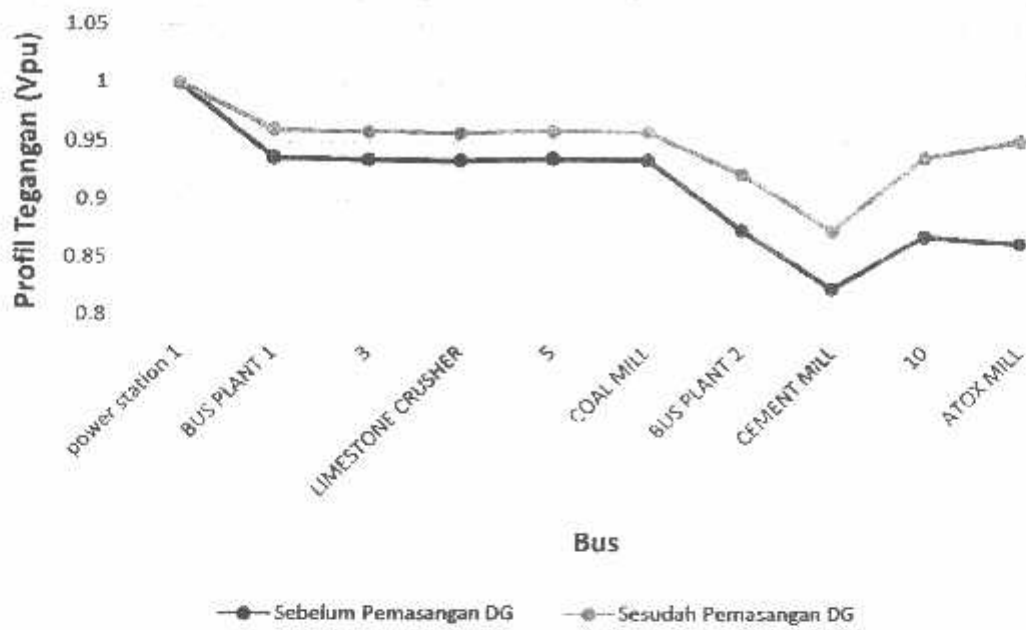
BUS 12 DG 33.0 MW Mvar MVA % GIC Amps 1.0000 -0.01 1 1
GIC DC Volt = 0.00
GENERATOR 1 0.00 1.33R 1.3 0.0
GENERATOR 2 0.75 1.33R 1.5 0.0
GENERATOR 3 0.24 1.33R 1.3 0.0
TO 2 BUS 33 KV 1 0.30 1.20 1.2 0 0.0
TO 2 BUS 33 KV 2 0.23 0.91 0.9 0 0.0
TO 2 BUS 33 KV 3 0.46 1.86 1.9 0 0.0

Tabel 4.16 Hasil *Load Flow* Profil Tegangan, Sebelum Pemasangan DG

Bus Records					
Number	Name	Area Name	Nom kV	PU Volt	Volt (kV)
1	power station 1	1	75	1	75
2	BUS PLANT 1	1	33	0.93649	30.904
3	3	1	33	0.93516	30.86
4	LIMESTONE CRUSHER	1	20	0.93384	18.677
5	5	1	33	0.93581	30.882
6	COAL MILL	1	20	0.93516	18.703
7	BUS PLANT 2	1	33	0.87529	28.884
8	CEMENT MILL	1	20	0.82337	16.467
9	10	1	33	0.86911	28.681
10	ATOX MILL	1	20	0.86794	17.259

Tabel 4.17 Hasil *Load Flow* Profil Tegangan, Interkoneksi DG pada Bus Atox Mill

Bus Records					
Number	Name	Area Name	Nom kV	PU Volt	Volt (kV)
1	power station 1	1	75	1	75
2	BUS PLANT 1	1	33	0.96039	31.693
3	3	1	33	0.9591	31.65
4	LIMESTONE CRUSHER	1	20	0.95781	19.156
5	5	1	33	0.95974	31.671
6	COAL MILL	1	20	0.95911	19.182
7	BUS PLANT 2	1	33	0.92301	30.459
8	CEMENT MILL	1	20	0.87411	17.482
9	10	1	33	0.93743	30.935
10	ATOX MILL	1	20	0.95185	19.037



Gambar 4.6 Hasil Grafik Perbandingan *Base-Case* dan Sesudah Pemasangan DG yang diinterkoneksi pada Bus Atox Mill

Tabel 4.10 Hasil *Load Flow* Profil Tegangan, Sebelum Pemasangan DG

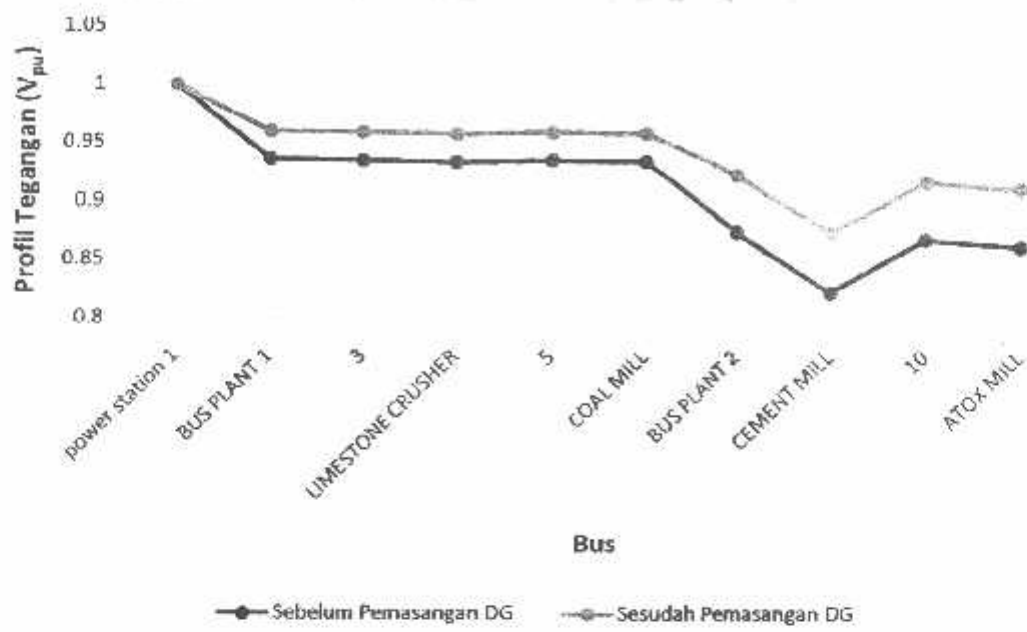
Bus Records

Number	Name	Area Name	Nom kV	PU Volt	Volt (kV)
1	power station 1	1	75	1	75
2	BUS PLANT 1	1	33	0.93649	30.904
3	3	1	33	0.93516	30.86
4	LIMESTONE CRUSHER	1	20	0.93384	18.677
5	5	1	33	0.93581	30.882
6	COAL MILL	1	20	0.93516	18.703
7	BUS PLANT 2	1	33	0.87529	28.884
8	CEMENT MILL	1	20	0.82337	16.467
9	10	1	33	0.86911	28.681
10	ATOX MILL	1	20	0.86294	17.259

Tabel 4.11 Hasil *Load Flow* Profil Tegangan, Interkoneksi DG pada Bus Plant 2

Bus Records

Number	Name	Area Name	Nom kV	PU Volt	Volt (kV)
1	power station 1	1	75	1	75
2	BUS PLANT 1	1	33	0.96082	31.707
3	3	1	33	0.95953	31.664
4	LIMESTONE CRUSHER	1	20	0.95824	19.165
5	5	1	33	0.96016	31.685
6	COAL MILL	1	20	0.95953	19.191
7	BUS PLANT 2	1	33	0.92385	30.487
8	CEMENT MILL	1	20	0.87501	17.5
9	10	1	33	0.91802	30.295
10	ATOX MILL	1	20	0.91217	18.243



Gambar 4.3 Hasil Grafik Perbandingan *Base-Case* dan Sesudah Pemasangan DG yang diinterkoneksi pada Bus Plant 2

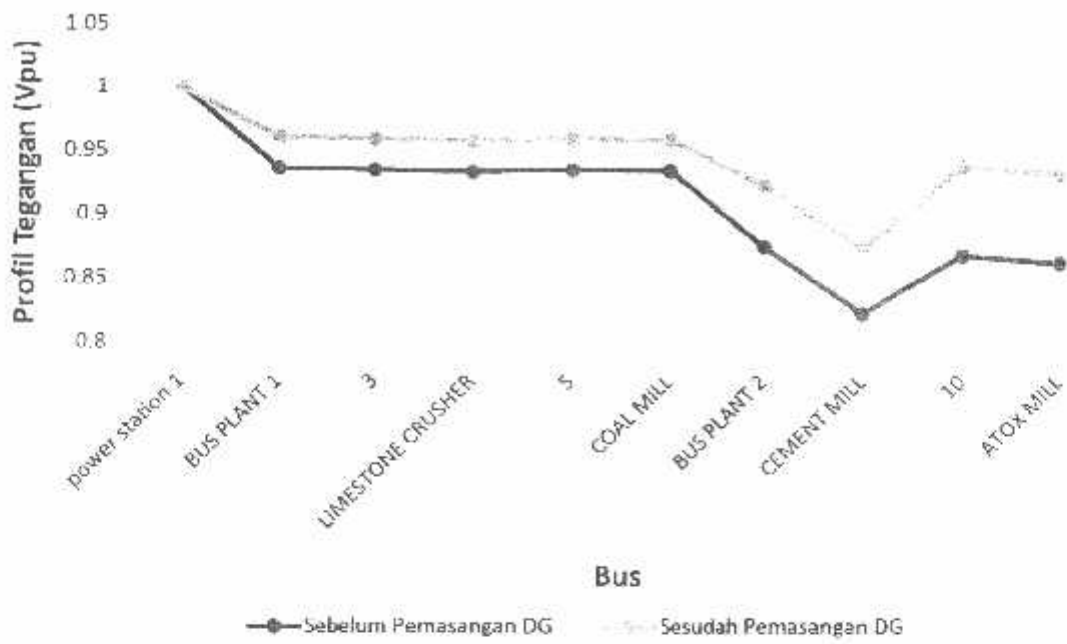
Tabel 4.14 Hasil *Load Flow* Profil Tegangan, Sebelum Pemasangan

Bus Records

Number	Name	Area Name	Nom kV	PU Volt	Volt (kV)
1	power station 1	1	75	1	75
2	BUS PLANT 1	1	33	0.93649	30.904
3	3	1	33	0.93516	30.86
4	LIMESTONE CRUSHER	1	20	0.93384	18.677
5	5	1	33	0.93581	30.882
6	COAL MILL	1	20	0.93516	18.703
7	BUS PLANT 2	1	33	0.87529	28.884
8	CEMENT MILL	1	20	0.82337	16.467
9	10	1	33	0.86911	28.681
10	ATOX MILL	1	20	0.86294	17.259

Tabel 4.15 Hasil *Load Flow* Profil Tegangan, Interkoneksi DG pada Bus 10

Number	Name	Area Name	Nom kV	PU Volt	Volt (kV)
1	power station 1	1	75	1	75
2	BUS PLANT 1	1	33	0.96082	31.707
3	3	1	33	0.95953	31.664
4	LIMESTONE CRUSHER	1	20	0.95824	19.165
5	5	1	33	0.96016	31.685
6	COAL MILL	1	20	0.95953	19.191
7	BUS PLANT 2	1	33	0.92385	30.487
8	CEMENT MILL	1	20	0.875	17.5
9	10	1	33	0.93866	30.976
10	ATOX MILL	1	20	0.93294	18.659



Gambar 4.5 Hasil Grafik Perbandingan *Base-Case* dan Sesudah Pemasangan DG yang diinterkoneksi pada Bus 10

Tabel 4.12 Hasil *Load Flow* Profil Tegangan, Sebelum Pemasangan DG

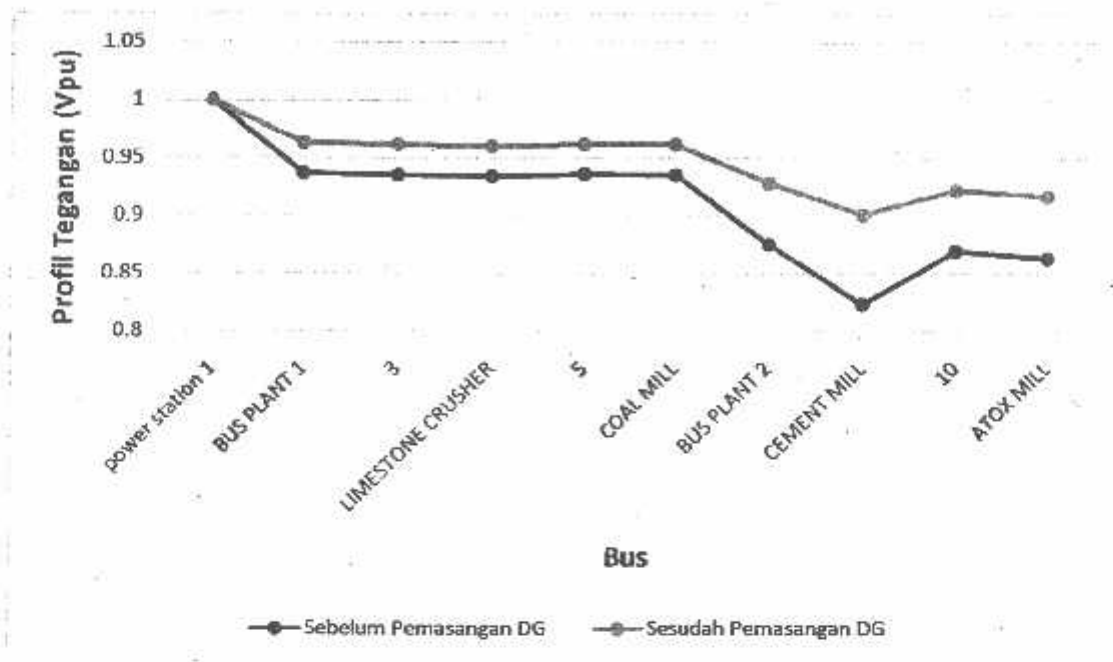
Bus Records

Number	Name	Area Name	Nom kV	PU Volt	Volt (kV)
1	power station 1	1	75	1	75
2	BUS PLANT 1	1	33	0.93649	30.904
3	3	1	33	0.93516	30.86
4	LIMESTONE CRUSHER	1	20	0.93384	18.677
5	5	1	33	0.93581	30.882
6	COAL MILL	1	20	0.93516	18.703
7	BUS PLANT 2	1	33	0.87529	28.884
8	CEMENT MILL	1	20	0.82337	16.467
9	10	1	33	0.86911	28.681
10	ATOX MILL	1	20	0.86294	17.259

Tabel 4.13 Hasil *Load Flow* Profil Tegangan, Interkoneksi DG sesudah pemasangan DG pada Bus Cement Mill

Bus Records

Number	Name	Area Name	Nom kV	PU Volt	Volt (kV)
1	power station 1	1	75	1	75
2	BUS PLANT 1	1	33	0.96289	31.775
3	3	1	33	0.9616	31.733
4	LIMESTONE CRUSHER	1	20	0.96031	19.206
5	5	1	33	0.96223	31.754
6	COAL MILL	1	20	0.9616	19.232
7	BUS PLANT 2	1	33	0.92798	30.623
8	CEMENT MILL	1	20	0.90085	18.017
9	10	1	33	0.92217	30.432
10	ATOX MILL	1	20	0.91636	18.327



Gambar 4.4 Hasil Grafik Perbandingan *Base-Case* dan Sesudah Pemasangan DG yang diinterkoneksi pada Bus Cement Mill

BIOGRAFI PENULIS



Edo Eka Pratama lahir di Banyuwangi (Jawa Timur) pada tanggal 16 Februari 1993. Merupakan anak pertama dari dua bersaudara putra & putri bapak Muhamad Abbas dan ibu Rina Indri Astuti. Penulis memulai pendidikan di SDN 1 Kapatihan dan lulus tahun 2006. Di lanjutkan pendidikan di SMPN 1 Giri Banyuwangi dan lulus tahun 2008. Kemudian melanjutkan pendidikan di SMAK Hikmah Mandala Banyuwangi jurusan IPA dan lulus tahun 2011, terakhir melanjutkan pendidikan lagi ke jenjang yang lebih tinggi ke Institut Teknologi Nasional Malang dengan mengambil jurusan Teknik Elektro S-1 dan konsentrasi Teknik Energi Listrik dan di wisuda Periode 54

pada tanggal 26 September 2015, menyelesaikan skripsi dengan judul :

“PENINGKATAN PERFORMASI SISTEM DENGAN INTERKONEKSI DG PADA SISTEM DISTRIBUSI PT.INDOCEMENT TUNGGAL PRAKARSA MENGGUNAKAN SOFTWARE POWER WORLD”.