LAPORAN KERJA PRAKTEK
PENGUJIAN DAN KALIBRASI
ALAT PROTEKSI DIGITAL RELAY SISTEM (DRS)
PADA SISTEM PROTEKSI GENERATOR UNIT 6 CIRATA II

PT. Pembangkit Jawa Bali Unit Pembangkit (PJB UP) Cirata

Jl. Desa Cadas Sari, Kec. Tegal Waru, Plered - Purwakarta 41162 Indonesia

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Mata Kuliah Kerja Praktek

Oleh :

Mochamad Boby Hasan

13109701

PROGRAM STUDI S1

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER

UNIVERSITAS KOMPUTER INDONESIA

2009

LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN KERJA PRAKTEK

PENGUJIAN DAN KALIBRASI
ALAT PROTEKSI DIGITAL RELAY SISTEM (DRS)
PADA SISTEM PROTEKSI GENERATOR UNIT 6 CIRATA II

Oleh :

Mochamad Boby Hasan

13109701

Disetujui dan disahkan di Bandung pada tanggal :

_____

Ketua Jurusan	Pembimbing Kerja Praktek
Muhammad Aria, MT.	**Tri Rahajoeningroem, MT.**
NIP : 4127.70.04.008	**NIP : 4127.70.04.015**

LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN KERJA PRAKTEK

PENGUJIAN DAN KALIBRASI
ALAT PROTEKSI DIGITAL RELAY SISTEM (DRS)
PADA SISTEM PROTEKSI GENERATOR UNIT 6 CIRATA II

Oleh :

Mochamad Boby Hasan

13109701

Disetujui dan disahkan di Bandung pada tanggal :

_____

Pembimbing Kerja Praktek

PH. Spv. Pemeliharaan Konin

Nur Makmuri Wibowo
NIP : 6989028 K III

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah wa syukurillah, puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan kerja praktek ini. Laporan kerja praktek ini merupakan salah satu persyaratan dalam menempuh program studi S1 pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Komputer Indonesia (UNIKOM). Kerja praktek ini dilaksanakan di PT. Pembangkitan Jawa - Bali Unit Pembangkit Cirata (PT. PJB UP Cirata), yang berlokasi di daerah Tegal Waru Kabupaten Purwakarta.

Ilmu serta pengalaman baru dan berharga penulis peroleh dari kegiatan kerja praktek ini. Oleh karena itu, penulis ucapkan terimakasih banyak atas segala bantuan dan dukungan sehingga kegiatan kerja praktek ini berjalan dengan lancar. Terutama kepada bunda tercinta yang selalu memberikan doa dan semangat sehingga terselesaikannya kegiatan dan penyusunan laporan kerja praktek ini. Penulispun ingin mengucapkan terimakasih banyak kepada:

1. Bapak Muhammad Aria, M.T. sebagai Ketua Jurusan Teknik Elektro UNIKOM
2. Ibu Tri Rahajoeningroem, M.T. sebagai Pembimbing dan Koordinator Kerja Praktek
3. Ibu Levy Olivia Nur, M.T. sebagai Dosen Wali
4. Teman – teman Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro
5. Bapak Ir. Rachamat Hidayat, M.M. sebagai *Deputy Manager* Unit Pembangkitan Cirata

6. Bapak Nur Makmuri Wibowo sebagai Pembimbing dan Supervisor Kontrol Instrumen (KONIN) Pembangkitan Cirata
7. Bapak Agus Hanura sebagai Kepala Unit KONIN Pembangkitan Cirata
8. Seluruh Jajaran Staf dan Direksi PT. Pembangkitan Jawa – Bali Unit Pembangkit Cirata, Serta semua pihak yang telah membantu penulis untuk melaksanakan kerja praktek ini.

Dengan segala kerendahan hati penulis ucapkan mohon maaf yang sebesar - besarnya apabila terdapat kesalahan dan kekurangan dalam isi laporan kerja praktek ini. Penulis menyadari bahwa ilmu dan pengalaman yang penulis miliki belum sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran sangat penulis harapkan dari para pembaca laporan kerja praktek ini.

Demikianlah laporan kerja praktek ini penulis persembahkan. Semoga laporan kerja praktek ini dapat memberikan ilmu dan informasi bermanfaat bagi para pembacanya, dan semoga amal baik mereka yang telah membantu kelancaranan kerja praktek ini mandapat balasan dari Allah SWT. Amin.

Bandung, Agustus 2009

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN i

KATA PENGANTAR iii

DAFTAR ISI v

DAFTAR GAMBAR ix

DAFTAR TABEL x

DAFTAR LAMPIRAN xi

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Tujuan Kerja Praktek 3

1.3 Batasan Masalah 3

1.4 Metode Penelitian 3

1.5 Waktu dan Tempat Pelaksanaan Kerja Praktek 4

1.6 Sistematika Laporan Kerja Praktek 4

BAB II GAMBARAN UMUM PERUSAHAAN

2.1 Penjelasan UMUM 6

2.2 Sejarah singkat 6

2.3 Visi dan Misi 7

2.3.1 Visi 7

2.3.2 Misi 7

2.4 Struktur Organisasi 8

2.5 Unit Kontrol Instrumen (KONIN) 9

2.6 Kegiatan Usaha 10

2.6.1 Data Spesifikasi Turbin Cirata 12

2.7 Teknik Pengoperasian 14

2.8 Pemeliharaan Peralatan 15

2.8.1 *Maintenance Preventif* 15

2.8.2 *Maintenance Inspection* 16

2.9 Peralatan Proteksi 16

2.10 Proses Produksi 17

2.11 Biaya Pembangunan 18

2.12 Pemindahan Penduduk 19

2.13 Sumber Daya Manusia 20

2.14 Aspek Lingkungan Hidup 20

2.14.1 Lingkungan, Kesehatan dan Keselamatan Kerja (LK3) 21

2.14.2 Manajemen Sumber Daya Energi 22

2.14.3 Manajemen LK3 23

2.15 Dampak Positif Pembangunan PLTA Cirata 24

2.16 Dampak Negatif Pembangunan PLTA Cirata 24

BAB III DASAR TEORI

3.1 Pengukuran dan Kalibrasi 25

3.1.1 Definisi 25

3.1.2 Tujuan Kalibrasi 26

3.1.3 Manfaat Kalibrasi 27

3.1.4 Prinsip Dasar Kalibrasi 27
3.1.5 Interval/Periode Kalibrasi 28
3.1.6 Instrumen Ukur Yang Perlu Dikalibrasi 29
3.1.7 Ketidakpastian (*Uncertainty*) Pengukuran 30
3.1.8 Perulangan (*Repeaaibility*) 32
3.1.9 Istilah – istilah Dalam Pengukuran dan Kalibrasi 32
3.1.10 Standar Satuan Ukur 33
3.2 Generator Arus Bolak – balik 34
3.2.1 Definisi 34
3.2.2 Kontruksi Generator Arus Bolak – balik 35
3.2.3 Prinsip Kerja Generator AC 36
3.3 Relay 39
3.3.1 Definisi 39
3.3.2 Relay Pengaman Generator 40
3.3.3 *Digital Relay Sistem* (DRS) 42

BAB IV PENGUJIAN DAN KALIBRASI DIGITAL RELAI SYSTEM (DRS)

4.1 Cara dan Waktu Pengujian Alat Proteksi Cirata I dan Cirata II 44
4.2 Relai – relai Proteksi Pada Cirata II 45
4.3 Pra Kalibrasi 47
4.4 Langkah - langkah Pengujian dan Kalibrasi 50
4.4.1 Relai Proteksi *Differential* 50
4.4.2 Relai Proteksi *Field Failure* 51
4.4.3 Relai Proteksi *Over Voltage* 53

4.4.4 Relai Proteksi *Under Voltage* 55

4.4.5 Relai Proteksi *Impedance* 57

4.4.6 Relai Proteksi *Over Current Excitation* 59

4.4.7 Relai Proteksi *Earth Fault Voltage* 61

4.4.8 Relai Proteksi *Rotor Earth Fault High Resistance* 62

4.4.9 Relai Proteksi *Rotor Earth Fault Low Resistance* 64

4.4.10 Relai Proteksi *Frequency* 65

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan 68

5.2 Saran 69

DAFTAR PUSTAKA 71

LAMPIRAN – LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Organisasi PT. PJB UP Cirata 8

Gambar 2.2 Struktur Organisasi Divisi Maintenance PT. PJB UP Cirata 9

Gambar 2.3 Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) 13

Gambar 2.4 Sistem Jaringan Tenaga Listrik 13

Gambar 2.5 Tampilan/*Window* Dari *Remote Operation Mode* 15

Gambar 2.6 Proses Produksi Listrik PLTA 18

Gambar 3.1 Rentang Nilai 30

Gambar 3.2 Rantai Standar Satuan Ukur 34

Gambar 3.3 Stator 35

Gambar 3.4 Bentuk Rotor Kutub Silinder 36

Gambar 3.5 Generator AC 3 Fasa 2 Kutub 38

Gambar 3.6 Jenis – jenis Relay 41

Gambar 3.7 Relay Analog 41

Gambar 3.8 *Digital Relay System* (DRS) 43

Gambar 3.9 Bagian Depan Atas *Digital Relay System* (DRS) 43

Gambar 4.1 Generator PLTA Cirata 47

Gambar 4.2 Tampilan Jendela *Software* ELIN DRS User Program 49

Gambar 4.3 *Serial port* RS232 DRS-VE1 49

Gambar 4.4 *Serial port* RS232 DRS-VE2 53

Gambar 4.5 Tampilan DRS *Password* 55

Gambar 4.6 *Serial Port* RS232 DRS-VE3 57

Gambar 4.7 *Serial Port* RS232 DRS-VE4 60

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kapasitas Daya Listrik dan Tanggal Mulai Beroperasi Masing – masing Unit Pembangkit 11

Tabel 2.2 Perincian Tata Guna Lahan Daerah Tergenang 24

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A	Surat Pernyataan Kerja Praktek
Lampiran B	Penilaian Peserta Kerja Praktek
Lampiran C	Contoh *Wiring* Pengujian dan Kalibrasi DRS
Lampiran D	Contoh Lembar Formulir Hasil Uji

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem kelistrikan Jawa - Bali merupakan sistem kelistrikan yang menghubungkan seluruh pembangkit - pembangkit listrik dan konsumen listrik yang ada di Pulau Jawa dan Pulau Bali kedalam suatu jaringan listrik. Sistem ini menghubungkan lima daerah kelistrikan di Indonesia (Jakarta, Jawa barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, dan Bali) yang terdiri dari jaringan tegangan ekstra tinggi 500 kV (SUTET) dan jaringan tegangan tinggi 150 kV dan 70 kV (SUTT). Pada sistem kelistrikan Jawa – Bali terdapat pengatur operasi untuk jaringan - jaringan pusat dan unit pengatur, yang terdiri dari 1 Pusat Pengatur Beban dan 4 Unit Pengatur Beban.

Keandalan dan kemampuan suatu sistem tenaga listrik untuk melayani kebutuhan konsumen sangat tergantung pada sistem proteksi yang digunakannya. Oleh sebab itu, dalam perancangan suatu sistem tenaga listrik perlu dipertimbangkan gangguan/kondisi abnormal yang mungkin terjadi pada sistemnya, melalui analisa gangguan. Peralatan sistem tenaga listrik yang diproteksi pada umumnya adalah *Generator*, *Main Transformer, Station Service Transformator,* dan *House Transformer*. Kondisi abnormal yang biasanya terjadi pada sistem tenaga listrik antara lain: hubungan singkat, tegangan lebih, beban lebih, frekuensi sistem rendah, asinkron, dan lain-lain.

Dalam suatu sistem pembangkit tenaga listrik, generator memiliki peran penting dalam proses produksinya. Oleh karena itu, generator diproteksi

semaksimal mungkin agar tidak mengalami *trip* (gangguan). Gangguan - gangguan yang sering terjadi pada generator meliputi gangguan pada: Stator, Rotor (Sistem Penguat), Mesin Penggerak, *Back up* instalasi di luar generator. Untuk mengatasi kondisi abnormal pada generator tersebut, diperlukan suatu alat yang berfungsi untuk memproteksi, mendeteksi keadaan - keadaan abnormal, dan untuk memutuskan rangkaian pada sistem proteksinya. Alat yang paling efektif untuk mengatasi kondisi abnormal pada generator tersebut adalah *Relay*.

Hasil observasi pada saat kerja praktek di PT. Pembangkitan Jawa - Bali Unit Pembangkitan (PJB UP) Cirata diketahui bahwa, terdapat 8 buah generator dan setiap generator sudah dilengkapi dengan relay – relay khusus proteksi sebagai bagian dari sistem proteksinya. Suatu alat proteksi perlu diketahui dan diuji baik dari segi fungsi dan daya tahan maupun masalah waktu perawatan (*maintenance*) dan kalibrasinya, karena sangat berpengaruh pada umur (*life time*) dan akurasi alat proteksi tersebut. Mengingat pentingnya masalah tersebut, PT. PJB UP Cirata melakukan pengujian dan kalibrasi pada setiap inspeksi periodik (*overhaul*) tahunan yang dilakukan oleh Unit Kontrol Instrumen (KONIN).

Pada saat pelaksanakan kerja praktek, Unit KONIN sedang melaksanakan inspeksi periodik pada sistem proteksi generator unit 6 Cirata II. Inspeksi ini termasuk dalam jadwal perawatan rutin tahunan PT. PJB UP Cirata, dan jenis inspeksi ini dikenal dengan nama *General Inspection* (GI). Pengujian dan kalibrasi yang dilakukan pada saat kerja praktek, yaitu pengujian dan kalibrasi alat proteksi yang bernama *Digital Relay System* (DRS). Oleh karena itu, hasil kerja praktrek yang dituangkan dalam laporan kerja praktek ini membahas tentang cara pengujian dan kalibrasi untuk alat proteksi generator yang bernama DRS.

1.2 Tujuan

1. Mengetahui peralatan pembangkit listrik, proses pembuatan/produksi listrik, dan sistem proteksi listrik
2. Mengetahui peralatan proteksi yang digunakan untuk sistem proteksi generator pembangkit listrik
3. Mengetahui alat proteksi *Digital Relay System* (DRS) sebagai alat proteksi generator Cirata II
4. Mempelajari cara perawatan, pengujian, dan mengkalibrasi alat proteksi DRS untuk memproteksi generator unit 6 Cirata II.

1.3 Batasan Masalah

Pengujian dan kalibrasi dilakukan pada alat proteksi generator unit 6 Cirata II yang bernama *Digital Relay System* (DRS). Pengujian dan kalibrasi alat proteksi DRS dilakukan dengan menggunakan beberapa alat ukur listrik dan *Loading Program* melalui komputer (*software* ELIN DRS_*User Program* buatan Austria).

1.4 Metode Penelitian

Metode – metode penelitian yang digunakan pada penyusunan laporan kerja praktek ini bertujuan untuk mengumpulkan, mengolah dan menganalisa data yang berkaitan dengan hal - hal yang diteliti pada saat kerja prakek. Metode penelitian yang digunakan dalam penyusunan laporan kerja praktek ini adalah sebagai berikut.

a. Observasi

Jenis metode pengambilan data dengan cara meninjau langsung tempat/objek yang akan teliti atau dibutuhkan untuk pengambilan sampel, data, gambar, dan lain – lain.

b. Tinjauan Pustaka

Jenis metode pengambilan data dengan cara mencari teori - teori yang mendukung atau berkaitan langsung dengan objek yang diteliti

c. Wawancara

Percakapan atau tanya jawab langsung dengan para pakar/ahli dibidang yang berkaitan langsung dengan objek yang diteliti.

1.5 Waktu dan Tempat Pelaksanaan Kerja Praktek

Tempat	:	Unit Kontrol Instrument (KONIN) PT. Pembangkit Jawa - Bali Unit Pembangkit Cirata
Alamat	:	Ds. Cadas Sari, Kec. Tegal Waru, Plered – Purwakarta 41162
Jadwal	:	06 Agustus – 06 September 2009
Jam	:	08.00 – 16.00 WIB

1.6 Sistematika Laporan Kerja Praktek

BAB I PENDAHULUAN, berisi tentang latar belakang atau alasan pemilihan judul/topik laporan kerja praktek, tujuan kerja praktek, batasan masalah, metode penelitian yang digunakan, dan sistematika penulisan laporan.

BAB II GAMBARAN UMUM PERUSAHAAN, membahas tentang ruang lingkup perusahaan tempat kerja praktek dilaksanakan diantaranya penjelasan umum, sejarah singkat, visi dan misi, struktur organisasi, Unit kontrol instrumen (KONIN), kegiatan usaha, teknik pengooperasian, jenis pemeliharaan peralatan, proses produksi, biaya pembangunan, pemindahan penduduk (pembebasan lahan), sumber daya manusia, aspek lingkungan umum, dan dampak pembangunan PLTA Cirata.

BAB III DASAR TEORI, menjelaskan teori pendukung yang berhubungan dengan pengetahuan tentang kalibrasi, generator, dan relay.

BAB IV PENGUJIAN DAN KALIBRASI DIGITAL RELAY SISTEM (DRS), membahas tentang tata cara pengujian dan kalibrasi alat proteksi *Digital Relay System* (DRS) pada sistem proteksi generator Unit 6 Cirata II, dengan menggunakan software ELIN DRS_*User Program.*

BAB V PENUTUP, merupakan bagian akhir dari laporan yang berisi tentang kesimpulan dari pelaksanaan kegiatan kerja praktek dan saran-saran dalam pelaksanaan kerja praktek.

BAB II

GAMBARAN UMUM PERUSAHAAN

2.1 Penjelasan Umum

PT. Pembangkitan Jawa - Bali Unit Pembangkitan Cirata merupakan salah satu anak perusahaan PT. Perusahaan Listrik Negara (Persero) yang bergerak dibidang pembangkit listrik. PT. PJB UP Cirata adalah perusahaan pembangkit listrik yang menggunakan media air sebagai sumber energi pembangkitnya atau yang disebut Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA). PLTA Cirata memanfaatkan energi potensial (ketinggian) air dari Waduk (Dam) Cirata untuk menggerakkan turbin sehingga generator bekerja dan menghasilkan energi listrik. Energi air yang digunakan, bersumber dari aliran Sungai Citarum dan dari anak sungai lainnya yang berada di sekitar Waduk Cirata.

PLTA Cirata terletak di Desa Cadas Sari, Kecamatan Tegal Waru, Plered, Purwakarta - Jawa barat, sekitar 60 km sebelah Barat laut Kota Bandung atau 100 Km dari Kota Jakarta. UP Cirata merupakan salah satu tulang punggung pembangkit - pembangkit listrik di Indonesia dan termasuk PLTA terbesar di Asia Tenggara, dengan bangunan rumah pembangkit (*Power House*) 4 lantai di bawah tanah dan teknik pengoperasiannya dikendalikan dari ruang kontrol *Switchyard* berjarak ± 2 km dari mesin pembangkit yang terletak di dalam *Power House.*

2.2 Sejarah Singkat

PLTA Cirata pertama dioperasikan pada tahun 1988 dan dikelola oleh PT. PLN pembangkit dan penyaluran Jawa Bagian Barat (PLN KJB) Sektor Cirata. Pada tanggal 3 Oktober 1995 terjadi restrukturisasi di PT. PLN (Persero) yang

mengakibatkan pembentukan 2 anak perusahaan, yaitu PT PLN pembangkit tenaga listrik Jawa - Bali I dan II yang disebut PT. PJB I dan PT. PJB II, sehingga sektor Cirata masuk wilayah kerja PT. PLN Pembangkitan Tenaga Listrik Jawa – Bali II. Kemudian pada tahun 1997, Sektor Cirata berubah nama menjadi PT. PLN Pembangkit Tenaga Listrik Jawa Bali II Unit Pembangkitan Cirata. Adanya perkembangan organisasi sejak tanggal 3 oktober 2000, PT. PLN Pembangkit Tenaga Listrik Jawa-Bali II Unit Pembangkitan Cirata berubah menjadi PT. Pembangkit Tenaga Listrik Jawa Bali, Unit Pembangkit Cirata (PT.PJB UP Cirata).

2.3 Visi dan Misi

2.3.1 Visi

"Diakui sebagai perusahaan kelas dunia yang tumbuh berkembang, unggul dan terpercaya dan bertumpu pada potensi insani".

2.3.2 Misi

a. Melakukan bisnis kelistrikan dan bidang lain yang terkait, berorientasi pada kepuasan pelanggan, anggota perusahaan dan pemegang saham

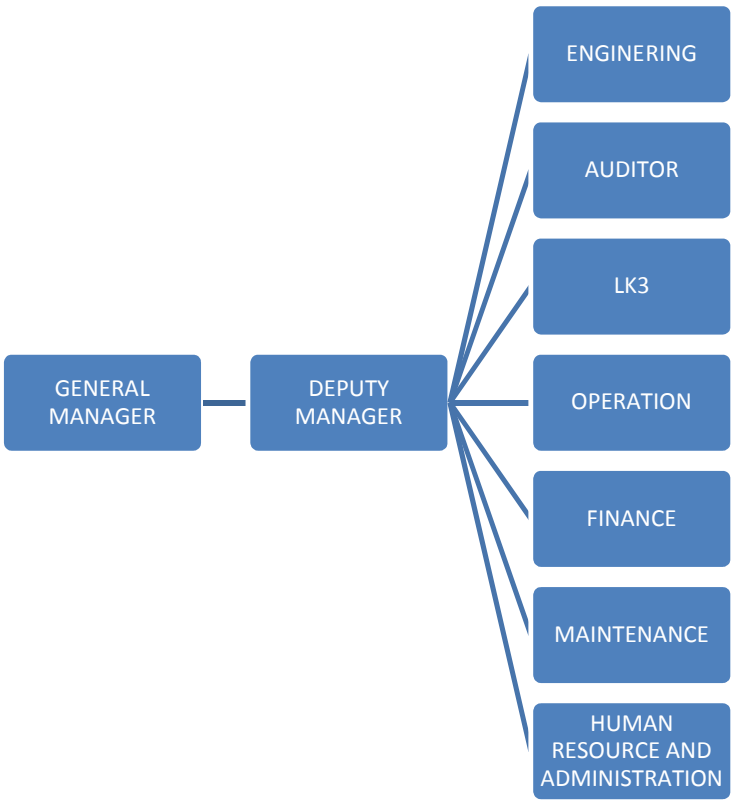
b. Menjadikan listrik sebagai media untuk meningkatkan kualitas kehidupan masyakrakat

c. Mengupayakan agar tenaga listrik menjadi pendorong kegiatan ekonomi

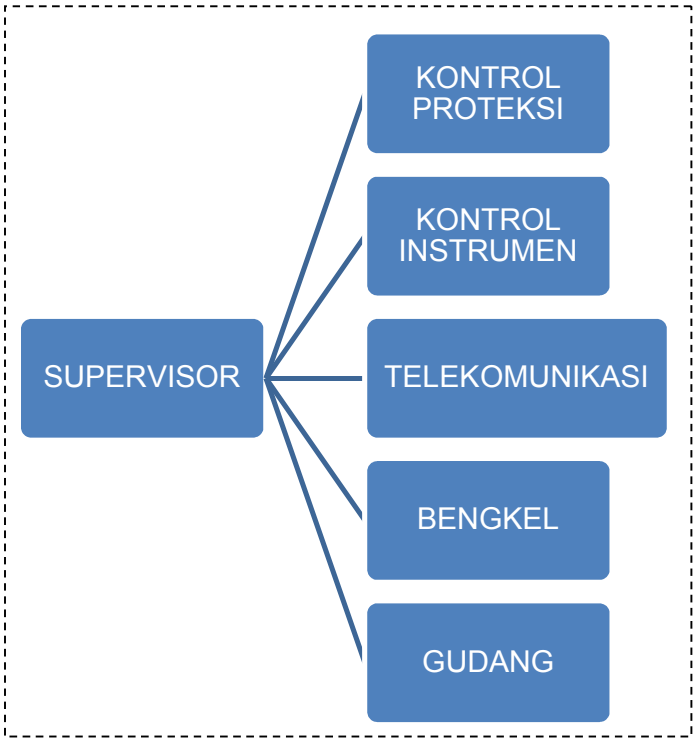
d. Menjalankan kegiatan usaha yang berwawasan lingkungan.

2.4 Stuktur Organisasi

Struktur organisasi PT. PJB UP Cirata sejak 21 Oktober 2000 mengalami perubahan organisasi yang lebih fleksibel dan dinamis, sehingga mampu menghadapi dan menyesuaikan situasi bisnis yang selalu berubah. Perubahan yang mendasar dari unit pembangkit adalah dipisahkannya fungsi operasi dan fungsi pemeliharaan, sehingga unit pembangkit menjadi organisasi yang *lean & clean* dan hanya mengoperasikan pembangkit untuk menghasilkan 1,008 GWh. Pada saat kerja praktek, struktur organisasi PT. PJB UP Cirata sedang mengalami perubahan kembali, namun hanya pada bagian Dewan Direksi (Direktur). Oleh karena itu, gambar struktur organisasi bawah ini hanya dimulai dari Manager saja.



Gambar 2.1 Struktur Organisasi PT. PJB UP Cirata



Gambar 2.2 Struktur Organisasi Divisi Maintenance PT. PJB UP Cirata

2.5 Unit Kontrol Instrumen (KONIN)

Unit Kontrol Instrumen (KONIN) merupakan salah satu Unit dari Divisi Pemeliharaan Pembangkit, yang bertugas dan bertanggung jawab pada ruang lingkup Kontrol Instrumen di PT. PJB UP Cirata, seperti: melakukan perawatan, pengujian dan kalibrasi periodik untuk alat proteksi, reparasi alat, membuat target produksi listrik, membuat evaluasi deviasi pembangkitan, monitoring efisiensi unit pembangkit, memantau kondisi Waduk Cirata. Adapun pembagian tugas (*Job Description*) yang ada pada Bagian Kontrol Instrumen ini adalah sebagai berikut :

a. Pengendalian Kontrol

   1. Menyusun rencana kegiatan
   2. Memvibrasi turbin yang akan dioperasikan

3. Memantau Jaringan Telepon (PABX) yang ada di seputar wilayah *Switchyard, Power House, Base Camp*, dan di jalan raya seputar Waduk Cirata
4. Memantau kondisi tiap - tiap unit Pembangkit agar tetap dalam kondisi prima dan efisiensi tinggi
5. Memantau debit air pada waduk cirata
6. Membuat laporan berkala sesuai dengan bidang tugasnya.

b. Kinerja Operasi
   1. Membuat target produksi (MWH)
   2. Evaluasi produksi dan faktor operasi (bulanan dan tahunan)
   3. Evaluasi deviasi pembangkitan
   4. *Monitoring* efisiensi unit Pembangkit.

c. Kinerja Peralatan
   1. Memaksimalkan kinerja peralatan pada pembangkit
   2. Memonitor waktu kerja peralatan-peralatan pembangkit
   3. Perawatan secara berkala pada peralatan - peralatan pembangkit
   4. Melaksanakan pengujian dan kalibrasi peralatan pembangkit.

2.6 Kegiatan Usaha

Kegiatan usaha PT. PJB UP Cirata adalah membangkitkan tenaga listrik dengan total daya terpasang 1,008 GW, terdiri atas Cirata I (terdiri dari 4 unit dengan masing - masing daya terpasang 126 MW) yang mulai dioperasikan tahun 1988 dengan total daya terpasang 504 MW, dan Cirata II (terdiri dari 4 unit dengan masing - masing daya terpasang 126 MW) yang mulai dioperasikan sejak

tahun 1997 dengan daya terpasang 504 MW. Cirata I dan II mampu memproduksi energi listrik rata-rata 1.428 GWh pertahun yang kemudian di salurkan melalui Saluran Udara Tegangan Extra Tinggi (SUTET) 500 kV kepada sistem interkoneksi Jawa – Madura - Bali (Jamali) melalui Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi (GITET) Cirata.

Tabel 2.1 Kapasitas Daya Listrik dan Tanggal Mulai Beroperasi Masing – masing Unit Pembangkit

Jenis pembangkit	**Mulai Beroperasi**	**Kapasitas**
PLTA Unit 1	25 Mei 1988	126 MW
PLTA Unit 2	29 Februari 1988	126 MW
PLTA Unit 3	30 September 1988	126 MW
PLTA Unit 4	10 Agustus 1988	126 MW
PLTA Unit 5	15 Agustus 1997	126 MW
PLTA Unit 6	15 Agustus 1997	126 MW
PLTA Unit 7	15 April 1998	126 MW
PLTA Unit 8	15 April 1998	126 MW
Total		1008 MW

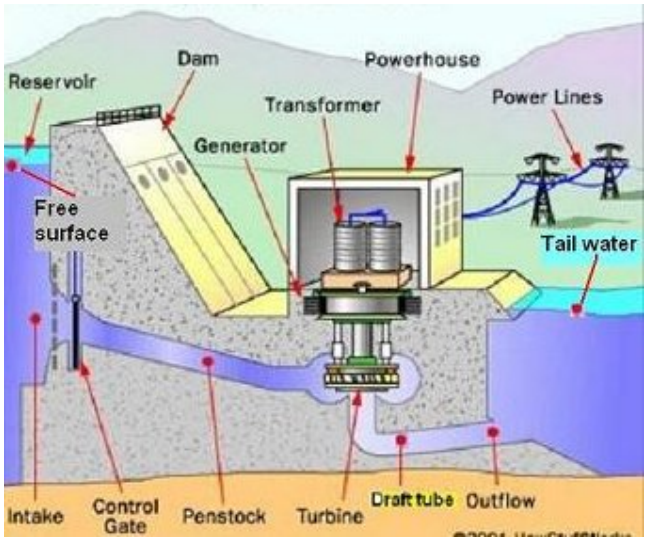
Untuk menghasilkan energi listrik sebesar 1,008 GWh, dioperasikan 8 buah Turbin Francis yang terpasang secara vertikal (*Vertical Shaft*) dengan kapasitas masing-masing 126 MW dengan putaran 187,5 rpm. Adapun tinggi air jatuh efektif untuk memutar turbin adalah sebesar 112,5 meter dengan debit air maksimum 135 m^3/detik. Teknik pengkonversian energi potensial air menjadi energi mekanik pada roda air turbin dilakukan melalui proses reaksi, sehingga Turbin Francis juga disebut sebagai turbin reaksi. Turbin ini digunakan untuk

tinggi terjun sedang, yaitu antara 20 - 400 meter. Di bawah ini adalah spesifikasi dari Turbin Francis yang digunakan oleh PT. PJB UP Cirata.

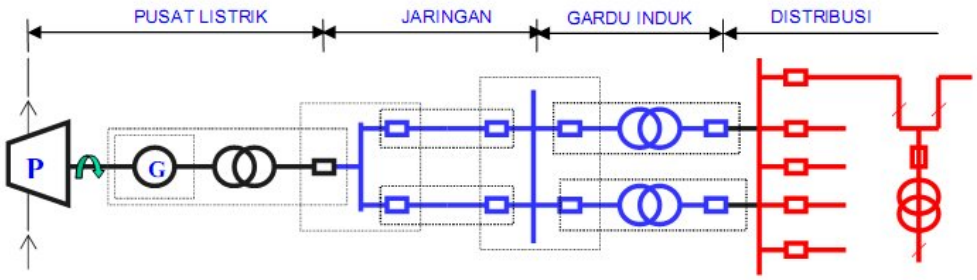
2.6.1 Data Spesifikasi Turbin Cirata

Tipe	:	Francis, *Vertical Shaft*
Produksi	:	VOEST-ALPINE
Rate Net Head	:	106,8 m
Rated Output	:	129,6 MW
Kecepatan Operasi	:	187,5 rpm
Debit pada kondisi diatas	:	132,5 m^3/s
Runaway speed	:	400 rpm
Spiral Case inlet diameter	:	4300 mm
Draft Tube outlet diameter	:	6400 rpm
Diameter *Runner*	:	D_{th} = 3400 m
Jumlah *Runner Blade*	:	z = 16
Jumlah *Guide Vane*	:	z = 24
Bukaan maksimum *Guide Vane*	:	260 mm
Ketinggian *Guide Vane*	:	980 mm
Jumlah Servomotor	:	2
Tekanan normal operasi *guide vane*	:	55 kg/cm^2
Tekanan oli minimum *guide vane*	:	38,5 kg/cm^2
Langkah servomotor	:	440 mm
Diameter piston servomotor	:	400 mm

Pada umumnya, PLTA terdiri dari beberapa komponen utama seperti: Turbin air, Generator, *Transforme*r (PH), *Power Lines (Swicthyard)*.



Gambar 2.3 Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)



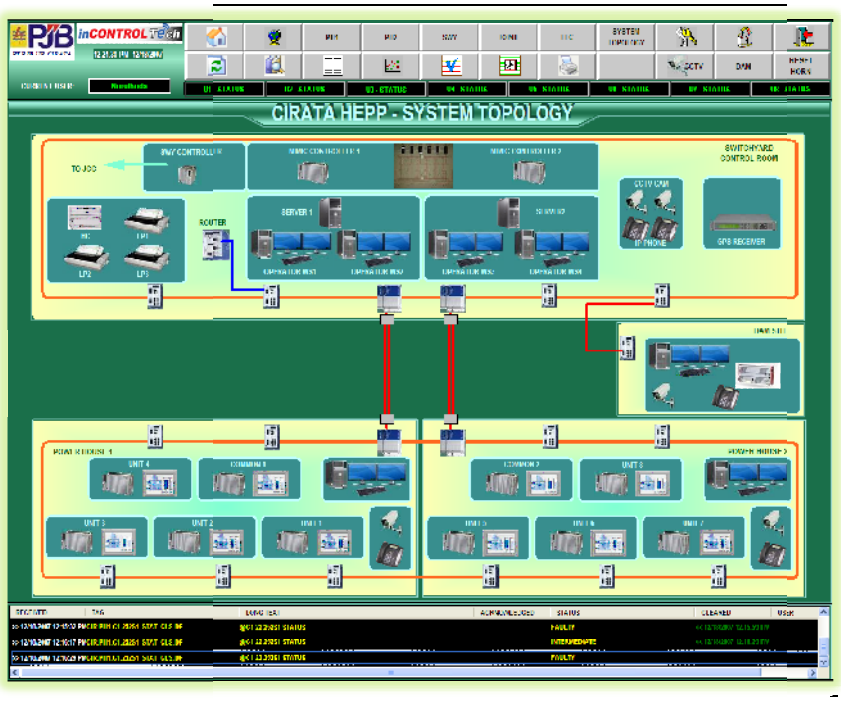
Gambar 2.4 Sistem Jaringan Tenaga Listrik

2.7 Teknik Pengoperasian

Pengoperasian pembangkit listrik Cirata dapat dioperasikan dengan 3 mode utama di bawah ini.

1. *Local Manual Operation Mode*: Secara manual oleh operator dari *control panel* di *Power House*
2. *Local Auto Operation Mode*: Secara otomatis oleh operator dari *control panel* di *Power House*
3. *Remote Operation Mode*: Unit Pembangkit dioperasikan melalui teknologi komputerisasi dari *control desk* yang berada di Ruang *Switchyard*, sekitar 2 km dari lokasi Unit Pembangkit.

Dalam pengoperasiannya, PT. PJB UP Cirata lebih mengutamakan *Remote Operation Mode,* karena lebih efektif dan efisien. Namun, operator tetap *standby* untuk mode *Local* di *Power House* jika terjadi *error system* pada *Remote Operation Mode*. Selain itu, UP Cirata juga mempunyai fasilitas *Remote Load Frequency Control, Black Start dan Line Charging*. Kinerja operasional Unit Pembangkitan Cirata beberapa tahun terakhir menunjukan bahwa hasil *Availability Factor* dan *Forced Outrage Rate* di atas standar kelas dunia dari NERC EAF= 89,59 EFOR = 4,46 SOFF = 7,22. Sehingga, kinerja operasi UP Cirata telah mendapatkan standard ISO 9001.



Gambar 2.5 Tampilan/*Window* Dari *Remote Operation Mode*

2.8 Pemeliharaan Peralatan

Di PT. PJB UP Cirata dilakukan beberapa perawatan rutin baik bulanan maupun tahunan. Perawatan tersebut dibagi menjadi 2 jenis, yaitu *Maintenance Preventif* dan dan *Maintenance Inspection.*

2.8.1 *Maintenance Preventif*

Yaitu pemeliharaan secara rutin dengan visual pemeriksaan dan pengecekan tanpa pengukuran besaran. Pelaksanaan pemeliharaan preventif dilakukan satu bulan sekali oleh petugas preventif meliputi pemeriksaan dan pengecekan sbb.:

a. *Visual Check* keadaan fisik peralatan

b. Pemeriksaan parameter

c. Kebersihan Peralatan dan area

2.8.2 *Maintenance Inspection*

Yaitu pemeliharaan secara periodik tahunan dengan bongkar pasang peralatan untuk mengetahui tanda-tanda peralatan mulai akan rusak dalam hal ini ditekankan pada pengujian dan kalibrasi karakteristik relay proteksi. Pelaksanaan inspeksi pemeliharaan dilakukan secara periodik yaitu setiap satu tahun sekali oleh Tim *Inspection* (Senior Teknisi Relay Proteksi) dengan langkah-langkah sebagai berikut.

a. Pemeriksaan dan pengukuran *Power Supply* Sistem Proteksi
b. Pengecekan *Wiring* dan *Aux. Relay*
c. Pengecekan dan pengencangan baut-baut terminal kabel
d. Pengujian/kalibrasi karakteristik relay - relay
e. *Individual Test*
f. *Function Test*
g. Pengecekan/simulasi signal alarm dan *trip*
h. Pengecekan kebersihan peralatan dan area

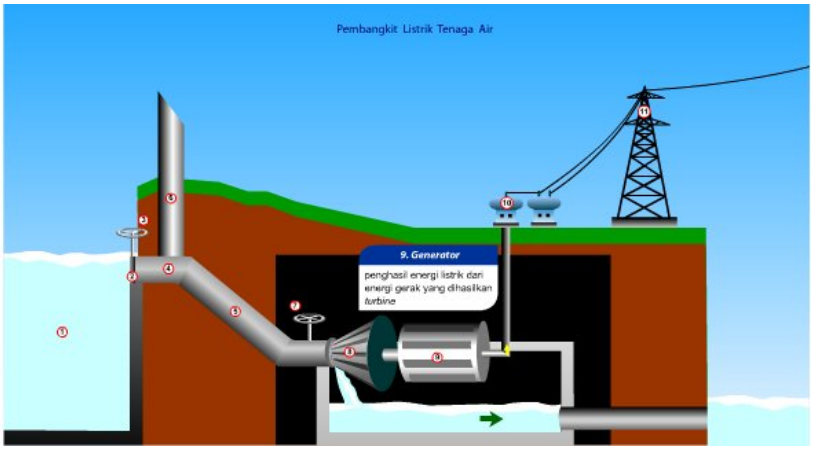
2.9 Peralatan Proteksi

PT. PJB UP Cirata mempunyai 2 jenis alat proteksi (relay) sebagai pengaman jaringan listriknya, yaitu: relay *electromechanic induction disc* dan DRS. Elemen relay *electromechanic induction disc* mempunyai piringan metalik (disk) yang terbuat dari tembaga atau alumunium yang dapat berputar diantara celah - celah elektromagnet. Relay ini tidak dapat digunakan untuk tegangan searah (DC) dan cara kerja relay ini dipengaruhi oleh frekuensi sehingga memakan waktu yang lama untuk men-*reset* (*reset time*). Relay *electromechanic induction disc*

digunakan untuk sistem proteksi Cirata I. Relay *electromechanic induction disc* dikategorikan sebagai relay konvensional. DRS merupakan relay berteknologi dijital dengan perangkat keras berupa *card module* kode DRS-VE Set dan perangkat lunak berupa program khusus untuk sistem proteksi yang tersimpan pada EPROM *card module*. Relay ini dapat menggunakan tegangan DC dan waktu resetnya relatif cepat. Alat proteksi jenis DRS ini digunakan untuk sistem proteksi Cirata II.

2.10 Proses Produksi

Dalam proses produksi untuk menghasilkan listriknya, UP Cirata menggunakan air dari Sungai Citarum sebagai sumber energi. Air dengan volume ketinggian ini dikumpulkan dalam dalam suatu tempat penampungan yang biasa disebut dengan Dam, yang dihubungkan dengan *Water Intake*. Air dikendalikan oleh *Dam Control Center* untuk memasuki *Head Race Tunnel*, dari sini air melewati Surge Tank untuk mengurangi besarnya tekanan, kemudian melalui *Penstock* menuju *Inlet Valve*. Saat *Main Stop Valve* dibuka, air memasuki *Spiral Case*. Air kemudian menggerakkan turbin dan mengalir keluar menuju pipa pelepasan yang disebut dengan *Tail Race*, dan selanjutnya dibuang melalui *Disposal Tunnel.* Turbin yang berputar terhubung dengan *Rotor Generator* yang kemudian menghasilkan listrik sebesar 16.5 kV. Listrik ini didistribusikan ke *Main Transformer*, Gardu Induk dan selanjutnya ke sistem interkoneksi Jamali (Jawa Madura Bali) 500 kV. Gambar 2.6 di bawah ini menunjukkan proses produksi listrik menggunakan tenaga air secara garis besar.



Gambar 2.6 Proses Produksi Listrik PLTA

2.11 Biaya Pembangunan

Pembangunan PLTA Cirata selain dibiayai langsung oleh Pemerintah Indonesia melalui dana APBN dan non APBN serta dana PLN juga mendapat bantuan pinjaman dari luar negeri, yaitu:

a. IBRD (*International Bank for Recontruction and Develoment*)
b. CDC (*Commont Wealth Develoment Cooperation*)
c. SC (*Suppliers Credits*)
d. Pemerintah Austria

Total biaya pembangunan PLTA cirata meliputi Cirata I dan Cirata II :

a. Penyediaan dan biaya pembangunan Cirata I

Sumber Biaya	Besarnya
1. IBRD (Bank Dunia)	Ekivalen US $ 241,300,000
2. CDC	Ekivalen US $ 18,800,000
3. SC (Kredit Ekspor)	Ekivalen US $ 69,000,000
4. APBN + Non APBN	Ekivalen US $ 235,900,000

b. Penyediaan dan biaya pembangunan Cirata II

Biaya pembangunan Cirata II secara keseluruhan menelan biaya sebesar:

- Rp.132.272.182.061,00
- SFR 997.291,00
- NTD 207.933.845,00
- Yen 2.791.593.431,00

Dengan nilai kontrak dilaksanakan pada tahun 1993 dan 1994.

2.12 Pemindahan Penduduk (Pembebasan Tanah/Lahan)

Jumlah penduduk yang harus dipindahkan untuk pembebasan tanah/lahan seluas ± 7.026 Ha dari daerah sekitar genangan tercatat 6.335 KK, yaitu :

a. Kabupaten Bandung 1.652 KK
b. Kabupaten Cianjur 3.828 KK
c. Kabupaten Purwakarta 865 KK

Selain itu terdapat pula 3.766 KK yang terpengaruh oleh dampak proyek pembuatan PLTA Cirata ini. Mereka adalah masyarakat yang bertempat tinggal di atas daerah lahan/tanah genangan atau mempunyai lahan/tanah usaha di atas daerah genangan. Daerah – daerah yang terkena dampak proyek pembuatan PLTA Cirata tersebut yaitu :

a. Kabupaten Bandung 596 KK
b. Kabupaten Cianjur 2.984 KK
c. Kabupaten Purwakarta 186 KK

Pada dasarnya sasaran kebijakan pemindahan penduduk ialah mengusahakan peningkatan kesejahteraan masyarakat atau paling tidak

mempertahankan taraf kesejahteraan hidup yang sama dengan saat sebelum masyarakat tersebut dipindahkan.

2.13 Sumber Daya Manusia (SDM)

SDM adalah aset yang sangat penting untuk UP Cirata. Pendidikan dan pelatihan telah diberikan kepada pegawai untuk meningkatkan kompetensi dan profesionalisme sesuai kebutuhan perusahaan. Dengan dukungan 193 pegawai ditambah 20 siswa magangnya, UP Cirata telah menunjukkan prestasi kerja.

2.14 Aspek Lingkungan Hidup

Pembangunan Proyek PLTA Cirata membutuhkan tanah seluas ± 7.026 Ha, untuk daerah konstruksi dan genangan air, sehingga menimbulkan masalah kependudukan yang cukup besar dan genangan air akan menimbulkan perubahan lingkungan fisik dan biofisik lainnya. Sehubungan dengan itu, telah dilakukan studi analisa dampak lingkungan sejak awal perencanaan proyek, sehingga dapat diperkirakan dan dipantau perubahan lingkungan yang akan terjadi, serta diusahakan untuk menghilangkan atau mengurangi dampak negatif dan memacu dampak positif pembangunan PLTA Cirata. Dalam penanganan masalah lingkungan tersebut, telah dijalin kerjasama dengan berbagai instansi dan lembaga penelitian antara lain :

1. Pusat Penelitian Sumber Daya Alam dan Lingkungan UNPAD untuk Studi Analisis Dampak Lingkungan

2. Pemerintah Daerah Tingkat I Propinsi Jawa Barat dan Tingkat II Kabupaten Bandung, Cianjur dan Purwakarta dalam penyelesaian masalah pemindahan penduduk dan pembebasan tanah
3. Pusat Penelitian dan Pengembangan Pengairan untuk Penelitian Hidrologi dan Sedimentasi
4. Pusat Penelitian Sumber Daya Alam dan Lingkungan UNPAD bekerjasama dengan ICLARM (*Internasional Center for Living Aqutic Resources Management*) Manila, untuk membantu Studi Pengembangan Akuakultur dan Perikanan dalam rangka mengembalikan pemukiman penduduk yang terkena dampak proyek PLTA Saguling dan Cirata
5. Dinas Perikanan dari Propinsi Jawa Barat bersama Unit Pelaksanaan Teknis untuk penanganan penyaluran penduduk dalam bidang perikanan
6. Pusat Penelitian Arkeologi Nasional Jakarta dalam penelitian peninggalan sejarah dan penyelamatannya
7. Kantor Wilayah VI Departemen Parpostel Jawa Barat untuk pendidikan dan latihan Pariwisata dalam penelitian pengembangan pariwisata.

Serta penelitian - penelitian lain yang dilaksanakan oleh instansi pemerintah maupun swasta yang langsung maupun tidak langsung bermanfaat bagi pembangunan PLTA Cirata.

2.14.1 Lingkungan, Kesehatan dan Keselamatan Kerja (LK3)

Kesehatan dan Keselamatan Kerja adalah prioritas utama dalam mendukung kegiatan operasi unit pembangkit Cirata. Sejalan dengan visi perusahaan, UP Cirata bertekad untuk menjadi *The Green Power Plant*, yang

dapat memberikan dampak positif bagi lingkungan sekitarnya. Hal tersebut dilakukan melalui berbagai program *Community Development*. Dalam hal ini, UP Cirata telah mendapatkan standar Lingkungan ISO 14000.

Penghargaan – penghargaan Kecelakaan Nihil (*Zero Accident Award*) diraih UP Cirata dua kali pada tanggal 3 Februari 1999 dan 10 Januari 2003. Tanggal 3 Januari 2003 Sertifikat Audit Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja untuk sektor industri tenaga listrik diterima dari Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi. Pada tanggal 13 Januari 2003 Presiden RI memberikan Penghargaan K3 Nasional kepada UP Cirata dan pada tanggal 2 Juni 2003 PT. Kema memberikan Sertifikat ISO 14001. Prestasi gemilang ini membuat Badan Sertifikasi PT. RWTUW memberikan Audit External ISO 9001 – 2000. UP Cirata berkomitmen untuk melakukan pengendalian lingkungan sebagai berikut :

1. Memastikan parameter kualitas air sesuai yang dibutuhkan.
2. Sedimentasi, melalui penelitian level erosi tahunan.
3. Geologi.

Sementara *Community Development* diarahkan pada bidang sosial, ekonomi, kesehatan, dan pendidikan.

2.14.2 Manajemen Sumber Daya Energi

Air merupakan sumber energi utama yang digunakan untuk memutar turbin pembangkit tenaga listrik sebanyak 8 unit. Oleh karena itu, di bangun waduk Cirata seluas 62 km^2 dengan elevasi muka air banjir 223 m, elevasi muka air normal 220 m dan elevasi muka air rendah 205 m. Sehingga, volume

air waduk 2.165juta m^3 dan isi efektif waduk 796juta m^3 Air waduk ini dikelola baik jumlah maupun mutunya agar tidak mengganggu/merusak mesin-mesin pembangkit.

2.14.3 Manajemen LK3

Ramah lingkungan merupakan gaya dunia usaha yang berkembang dewasa ini, sehingga setiap industri dituntut untuk mengelola lingkungan dengan baik, berstandar Internasional, aman, serta berdampak positif bagi lingkungan di sekitarnya. PT. PJB UP Cirata melakukan pengelolaan dan pemantauan lingkungan terhadap komponen:

a. Fisika dan Kimia meliputi iklim dan kualitas udara serta Fisiografi dan Geologi
b. Kualitas air dengan parameter sesuai peruntukanya
c. Sedimentasi,berupa penelitian tingkat erosi tahunan
d. Sosial ekonomi dan budaya yang meliputi pariwisata, pertanian, pasang surut, perikanan, dan penghijauan di sekitar waduk.

Kesehatan dan keselamatan kerja merupakan prioritas utama dalam menunjang keberhasilan unit kerja PT. PJB UP Cirata. Oleh karena itu, PT. PJB UP Cirata melaksanakan penyuluhan serta mensolisasikan program *zero accident* serta membudayakan etos kerja yang aman.

2.15 Dampak Positif Pembangunan PLTA Cirata

1. Menghasilkan listrik dengan daya terpasang 1.008 MW dan energi per tahun 1.428 GWh, sehingga menambah daya dan keandalan pada sistem kelistrikan
2. Menghemat bahan bakar minyak
3. Memacu perkembangan industri/perekonomian
4. Mengembangkan usuha perikanan dan pariwisata
5. Meningkatkan persediaan air minum di Waduk Jatiluhur
6. Menyediakan lapangan kerja baru.

2.16 Dampak Negatif Pembangunan PLTA Cirata

Luas tanah yang diperlukan untuk daerah genangan kurang lebih 6.334 Ha yang meliputi Kabupaten Bandung (38%), Kabupaten Cianjur (41%), dan Kabupaten Purwakarta (21%). Selain itu masih diperlukan kurang lebih 692 Ha tanah yang terletak di luar daerah genangan untuk pembangunan konstruksi.

Tabel 2.2 Perincian tata guna lahan daerah tergenang

No.	Lahan Daerah Tergenang	Luas
1	Tanah desa (perumahan)	219 Ha
2	Sawah	1.656 Ha
3	Ladang dan Perkebunan	3.584 Ha
4	Kehutanan	689 Ha
5	Tanah Negara (jalan, sungai dll.)	186 Ha
Total		**6.334 Ha**

BAB III

DASAR TEORI

3.1 Pengukuran dan Kalibrasi

Pengukuran dan kalibrasi mempunyai hubungan yang sangat erat dengan alat ukur. Alat ukur yang layak digunakan yaitu alat ukur yang harus memiliki keakuratan (*accuracy*), ketepatan (*precision*) dan sensitivas (*Sensitivity*).

3.1.1 Definisi

Pengukuran (*Measurement*) merupakan seperangkat kegiatan untuk menentukan kuantitas obyek. Dalam hal ini mengukur adalah suatu proses empirik dan obyektif pada sifat - sifat obyek atau kejadian nyata, yang biasanya dinyatakan dengan suatu nilai tertentu, sehingga dapat memberikan gambaran yang jelas mengenai obyek atau kejadian tersebut.

Pengertian Kalibrasi (*Calibration*) menurut ISO/IEC *Guide* 17025:2005 dan *Vocabulary of International Metrology* (VIM) adalah serangkaian kegiatan yang membentuk hubungan antara nilai yang ditunjukkan oleh instrumen ukur atau sistem pengukuran, atau nilai yang diwakili oleh bahan ukur, dengan nilai - nilai yang sudah diketahui yang berkaitan dari besaran yang diukur dalam kondisi tertentu. Dengan kata lain, Kalibrasi adalah kegitan untuk menentukan kebenaran konvensional nilai penunjukan alat ukur dengan cara membandingkan terhadap standar ukurnya (yang telah diketahui nilainya) yang mampu tertelusur (*traceable*) ke Standar Nasional untuk satuan ukuran dan atau internasional. Sedangkan, mampu tertelusur (*traceable*) menurut Dewan Standarisasi Nasional adalah

kemampuan dari suatu hasil ukur secara individu untuk dihubungkan ke Standar - standar Nasional/Internasioanal untuk satuan ukuran atau sistem pengukuran yang disahkan secara Nasional maupun Internasional melalui suatu mata rantai perbandingan yang tak terputus.

Konsep ketertelusuran pengukuran (*traceability of measurement*) dapat diartikan secara sederhana bahwa alat ukur yang digunakan untuk melakukan suatu pengukuran harus terkalibrasi terhadap alat ukur lain yang sejenis dan dapat berfungsi sebagai acuan. Alat acuan tersebut harus terkalibrasi terhadap acuan yang lebih akurat, demikian seterusnya sehingga sampai pada acuan yang paling akurat yang biasanya adalah Standar Nasional.

Kalibrasi akan dikatakan tertelusur bila setiap mata rantai pengukuran yang menuju ke standar nasional terdokumentasi serta terdapat bukti mengenai siapa yang melakukan kalibrasi, alat ukur apa yang digunakan dan bagaimana hasil kalibrasi (koreksi dan ketidakpastian). Setiap pekerjaan kalibrasi dalam rantai pengukuran tersebut harus dilakukan oleh organisasi yang terbukti memiliki kompetensi teknis sebagaimana yang dipersyaratkan serta mempunyai perlengkapan yang memadai dan menjalankan sistem mutu yang efektif.

3.1.2 Tujuan Kalibrasi

1. Mencapai ketertelusuran pengukuran. Hasil pengukuran dapat dikaitkan/ditelusur sampai ke standar yang lebih tinggi/teliti (standar primer nasional dan internasional), melalui rangkaian perbandingan yang tak terputus.

2. Menentukan deviasi kebenaran konvensional nilai penunjukan suatu instrumen ukur terhadap nilai nominalnya atau devisi dimensi nasional yang seharusnya untuk suatu alat/bahan ukur
3. Menjamin hasil – hasil pengukuran sesuai dengan standar nasional dan internasional.
4. Menjamin dan meningkatkan nilai kepercayaan didalam proses pengukuran.

3.1.3 Manfaat Kalibrasi

1. Untuk mendukung sistem mutu yang diterapkan di berbagai industri pada peralatan laboratorium dan produksi yang dimiliki.
2. Dengan melakukan kalibrasi, bisa diketahui seberapa jauh perbedaan (penyimpangan) antara harga benar dengan harga yang ditunjukkan oleh alat ukur.
3. Secara umum menjaga kondisi instrumen ukur/bahan ukur agar tetap sesuai dengan spesifikasinya.
4. Menjaga konsistensi mutu hasil produk yang dihasilkan.
5. Mengurangi kegagalan hasil produk.
6. Meningkatkan daya saing dalam pasar global.

3.1.4 Prinsip Dasar Kalibrasi

a. Obyek Ukur (*Unit Under Test*)
b. Standar Ukur (Alat standar kalibrasi, Prosedur/Metode standar yang mengacu ke standar kalibrasi internasional atau prosedur yang

dikembangkan sendiri oleh laboratorium yang sudah teruji/diverifikasi)

c. Operator/Teknisi (Dipersyaratkan operator/teknisi yang mempunyai kemampuan teknis kalibrasi/bersertifikat)
d. Lingkungan yang dikondisikan (Suhu dan kelembaban selalu dikontrol, Gangguan faktor lingkungan luar selalu diminimalkan sebagai sumber ketidakpastian pengukuran).

Hasil Kalibrasi antara lain:

a. Nilai Obyek Ukur
b. Nilai Koreksi/Penyimpangan
c. Nilai Ketidakpastian Pengukuran
d. Sifat metrologi lain, faktor kalibrasi, kurva kalibrasi.

TUR (*Test Uncertainty Ratio*) adalah perbandingan antara ketidakpastian karakteristik (*specified*) dari instrumen yang dikalibrasi terhadap ketidakpastian instrumen kalibratornya. Spesifikasi alat bisa dianggap sebagai ketidakpastian terbesar.

3.1.5 Interval/Periode Kalibrasi

Jangka waktu atau selang waktu kalibrasi harus ditetapkan pada suatu instrumen ukur. Secara umum selang/interval kalibrasi dapat ditentukan berdasarkan :

1. Jenis alat ukur
2. Frekuensi pemakaian
3. Stabilitas

4. Kondisi pemakaiaan
5. Batas kesalahan yang ada hubungannya dengan akurasi alat.

Selang kalibrasi biasanya dinyatakan dalam beberapa cara yaitu :

1. Dinyatakan dalam waktu kalender, misalnya 6 (enam) bulan sekali, 1 (satu) tahun sekali, dst.
2. Dinyatakan dalam waktu pemakaian, misalnya 1000 jam pakai, 5000 jam pakai, dst.
3. Kombinasi cara pertama dan kedua, misalnya 6 bulan atau 1000 jam pakai, tergantung mana yang lebih dulu tercapai.

3.1.6 Instrumen Ukur Yang Perlu Dikalibrasi

Instrumen ukur besaran dasar

a. Panjang : Micrometer, Jangka sorong, Mistar, dll.
b. Massa : Neraca Teknis, Timbangan
c. Waktu : *Stopwacth, Timer*
d. Arus listrik : Ampere meter
e. Suhu : *Thermometer, Thermocouple*, *Furnance*
f. Jumlah Zat : Mole
g. Intensitas Cahaya : Candela.

Instrumen ukur besaran turunan

a. Tekanan : Pressure gauge (manometer), Hidrolic
b. Isi : Gelas volumetric (buret, pipet, dll.)
c. Kecepatan : Tachometer

d. Aliran (*Flowrate*) : *Flowmeter*, Anemometer (*velocity*)

e. Gaya : Mesin uji tarik/tekan, Mesin uji kekerasan

f. Frekuensi : Frekuensi meter

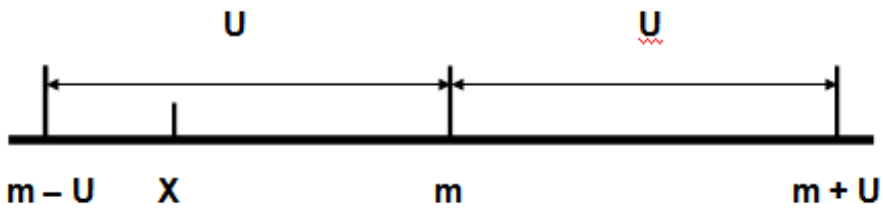
g. Luas : Planimetri

h. Energi : Watt meter

3.1.7 Ketidakpastian (*Uncertainty*) Pengukuran

Ketidakpastian Pengukuran (*Uncertainty*) yaitu rentang nilai disekitar hasil pengukuran yang didalamnya diharapkan terletak nilai sebenarnya dari besaran ukur. Atau dengan kata lain ketidakpastian merupakan perkiraan mengenahi rentang hasil pengukuran yang didalamnya terdapat harga yang benar. Sumber – sumber ketidakpastian dari pengukuran secara umum dapat dipengaruhi oleh :

a. Alat standar yang digunakan untuk kalibrasi
b. Benda ukur/alat yang dikalibrasi
c. Peralatan bantu
d. Metode kalibrasi/pengukuran
e. Kondisi lingkungan
f. Pelaku pengukuran
g. Sumber – sumber yang lain



Gambar 3.1 Rentang Nilai

Dimana:

m = Hasil pengukuran

X = Nilai sebenarnya dari besaran ukur

U = Ketidakpastian Pengukuran

X diharapkan terletak pada **m** ± **U**

Nilai flow rate rata - rata :

$$\overline{X_{a/s}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n} \quad \text{..... (3.1)}$$

Nilai koreksi :

$$\Delta X = \overline{X_s} - \overline{X_a} \quad \text{..... (3.2)}$$

Dimana :

$\overline{X_{a/s}}$ = nilai rata-rata untuk alat atau standard

X_i = nilai pada titik tersebut

n = jumlah data

ΔX = nilai koreksi

$\overline{X_s}$ = nilai rata-rata standard

$\overline{X_a}$ = nilai rata-rata alat

Ketidakpastian Akibat Daya Baca Operator

Ketidakpastian baku daya baca operator dapat dihitung secara matematis dengan persamaan berikut:

$$= \frac{(\qquad)}{\sqrt{\quad}} \quad \text{..... (3.3)}$$

dimana :

$U_{(daya\ \ baca)}$ biasanya ½ dari kemampuan baca operator untuk analog dan resolusi terkecil untuk digital.

$\sqrt{6}$ adalah faktor pembagi/cakupan karena dipilih dengan asumsi distribusi data adalah segitiga.

3.1.8 Perulangan (*Repeatability*)

Perulangan (*Repeatability*) adalah kemampuan untuk menghasilkan nilai yang sama dari hasil pengukuran yang dilakukan berulang dan identik (titik ukur dan waktu yang relatif sama). Semakin kecil perbedaan hasil pengukuran berulangnya semakin baik unjuk kerja dari instrumen ukur tersebut. Adapun dalam melakukan pengukuran berulang harus memenuhi persyaratan:

1. Menggunakan metode atau prosedur yang sama
2. Instrumen ukur yang digunakan sama
3. Ruang dan lokasi pengukuran sama
4. Dilakukan oleh observer atau personel yang sama
5. Pengulangan dilakukan dengan periode waktu yang pendek dan konsisten.

3.1.9 Istilah – istilah Dalam Pengukuran dan Kalibrasi

1. Kecermatan (*Accuracy*)

   Kemampuan dari instrumen ukur untuk memberikan indikasi pendekatan terhadap harga sebenarnya dari obyek yang diukur.

2. Ketepatan (*Precision*)

   Kedekatan nilai-nilai pengukuran individual yang didistribusikan sekitar nilai rata – ratanya atau penyebaran nilai pengukuran individual dari nilai rata – ratanya.

3. Koreksi (*Corection*)

   Suatu harga yang ditambahkan secara aljabar pada hasil dari alat ukur untuk mengkompensasi/mengimbangi penambahan kesalahan sistematik.

4. Kepekaan (*Sensitivity*)

   Perubahan pada reaksi alat ukur yang dibagi oleh hubungan perubahan aksinya.

5. Daya baca (*Resolution*)

   Besar pernyataan dari kemampuan peralatan untuk membedakan arti dari dua tanda harga/skala yang paling berdekatan dari besaran yang ditunjukkan.

6. Rentang ukur (*Range*)

   Besar daerah ukur antara batas ukur bawah dan batas ukur atas.

3.1.10 Standar Satuan Ukur

Standar satuan ukur merupakan rujukan atau acuan yang digunakan untuk mengkalibrasi standar untuk satuan ukuran lain yang tingkat akurasinya lebih rendah atau alat ukur yang digunakan untuk mengukur/memeriksa karakteristik produk atau proses.



Gambar 3.2 Rantai Standar Satuan Ukur

3.2 Generator Arus Bolak-balik

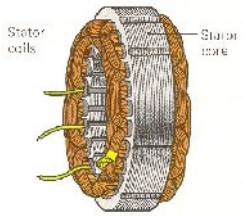
Generator arus bolak-balik digunakan sebagai alat pembangkit/penghasil listrik pada suatu sistem pembangkit listrik. Penjelasan umum mengenai generator arus bolak-balik diuraikan di bawah ini. Generator arus bolak-balik dibagi menjadi dua jenis, yaitu: Generator AC 1 fasa dan Generator AC 3 fasa.

3.2.1 Definisi

Generator arus bolak-balik berfungsi mengubah tenaga mekanik menjadi tenaga listrik (arus bolak-balik). Generator arus bolak-balik (*Alternating Current*) sering disebut juga sebagai alternator, atau generator sinkron. Dikatakan generator sinkron karena jumlah putaran rotornya sama dengan jumlah putaran medan magnet pada stator. Kecepatan sinkron ini dihasilkan dari kecepatan putar rotor dengan kutub - kutub magnet yang berputar dengan kecepatan yang sama dengan medan putar pada stator.

3.2.2 Konstruksi Generator AC

Konstruksi generator arus bolak-balik ini terdiri dari dua bagian utama, yaitu stator dan rotor. Stator merupakan bagian diam dari generator yang mengeluarkan tegangan bolak – balik. Stator terdiri dari badan generator yang terbuat dari baja yang berfungsi melindungi bagian dalam generator, kotak terminal dan *name plate* pada generator. Inti Stator yang terbuat dari bahan *ferromagnetic* yang berlapis - lapis dan terdapat alur - alur tempat meletakkan lilitan stator. Lilitan stator merupakan tempat untuk menghasilkan tegangan. Bagian – bagian dari stator yaitu : rumah stator, inti satator, lilitan stator, alur stator, kontak hubung, sikat. Sedangkan, bagian – bagian dari stator yaitu : kutub magnet, lilitan penguat magnet, cincin seret (*slip ring*), poros (As).



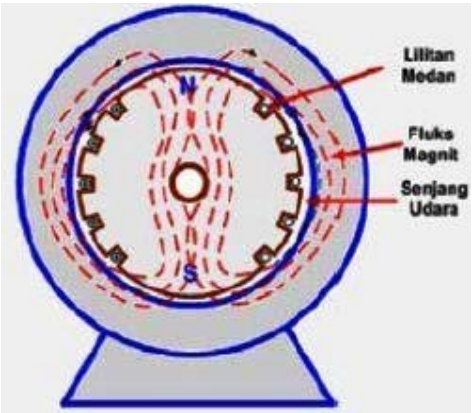
Gambar 3.3 Stator

Dengan inti *ferromagnetic* yang bagus berarti permebilitas dan resistivitas dari bahan menjadi tinggi. Belitan jangkar (stator) yang umum digunakan oleh mesin sinkron tiga fasa ada dua macam, yaitu :

a. Belitan satu lapis (Single Layer Winding)
b. Belitan berlapis ganda (Double Layer Winding).

Rotor merupakan bagian bergerak yang menghasilkan medan magnet yang menginduksikan ke stator. Medan rotor yang digunakan tergantung pada

kecepatan mesin, mesin dengan kecepatan tinggi seperti turbo generator mempunyai bentuk silinder gambar.



Gambar 3.4 Bentuk Rotor Kutub Silinder

Satu putaran rotor dalam satu detik menghasilkan satu siklus per detik atau 1 Hertz (Hz). Bila kecepatannya 60 Revolution per menit (Rpm) dan frekuensi 1 Hz, maka untuk frekuensi f = 60 Hz rotor harus berputar 3600 Rpm. Untuk kecepatan rotor n rpm, rotor harus berputar pada kecepatan n/60 revolution per detik (rps). Frekuensi dari tegangan induksi sebagai sebuah fungsi dari kecepatan rotor dapat dirumuskan dengan:

=− × — ( ) ..... (3.4)

3.2.3 Prinsip Kerja Generator AC

Prinsip dasar generator AC menggunakan hukum *Faraday* yang menyatakan jika sebatang penghantar berada pada medan magnet yang berubah - ubah, maka pada penghantar tersebut akan terbentuk gaya gerak

listrik, atau dengan kata lain jika ada perubahan fluks magnet yang mengenai suatu konduktor, maka pada konduktor tersebut terjadi emf terinduksi.

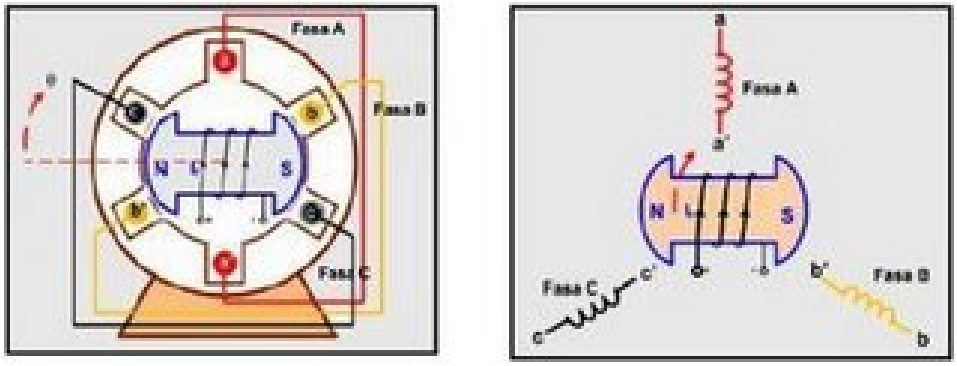
$$= - \frac{}{} \quad \text{..... (3.5)}$$

di mana, : emf terinduksi

: fluks magnetik

N : jumlah lilitan

Tanda minus di sini hanya menunjukkan arah saja jika ada arus terinduksi yang timbul. Kemudian jika konduktor tersebut membentuk suatu untai tertutup, akan mengalirlah arus terinduksi pada untai tersebut yang berarti kita mendapatkan energi listrik. Pada waktu konduktor teraliri arus terinduksi, akan timbul gaya pada konduktor tersebut yang dikenal dengan gaya *Lorentz*. Gaya inilah yang harus dilawan dengan gaya mekanik agar perubahan fluks magnetik tetap terjadi, sehingga emf dan arus terinduksi tetap terjadi. Usaha yang dilakukan oleh gaya mekanik ini dikonversi menjadi energi listrik. Prinsip kerja generator arus bolak-balik tiga fasa (*alternator*) pada dasarnya sama dengan generator arus bolak-balik satu fasa, akan tetapi pada generator tiga fasa memiliki tiga lilitan yang sama dan tiga tegangan outputnya berbeda fasa 120° pada masing - masing fasa lilitan stator, lilitan rotor, tegangan eksitasi, cincin seret, dan sikat AC output.



Gambar 3.5 Generator AC 3 Fasa 2 kutub

Dalam keadaan seimbang besarnya fluks sesaat :

$\Phi A = \Phi m . \text{Sin } \omega t$ ..... (3.6)

$\Phi B = \Phi m . \text{Sin } (\omega t - 120°)$ ..... (3.7)

$\Phi C = \Phi m . \text{Sin } (\omega t - 240°)$ ..... (3.8)

Besarnya fluks resultan adalah jumlah vektor ketiga fluks tersebut.

$\Phi T = \Phi A + \Phi B + \Phi C$ ..... (3.9)

$\Phi T = \Phi m.\text{Sin } \omega t + \Phi m.\text{Sin}(\omega t - 120°) +$

$+ \Phi m . \text{Sin}(\omega t - 240°). \text{Cos } (\varphi - 240°)$ ..... (3.10)

Dengan memakai transformasi trigonometri dari :

$\text{Sin } \alpha . \text{Cos } \beta = ½.\text{Sin } (\alpha + \beta) + ½ \text{ Sin } (\alpha + \beta)$ ..... (3.11)

maka dari persamaan diatas diperoleh :

$\Phi T = ½ \Phi m \text{ Sin } (\omega t + \varphi) + ½ \Phi m \text{ Sin } (\omega t - \varphi) + ½ \Phi m \text{ Sin } (\omega t + \varphi - 240°)$

$+ ½ \Phi m \text{ Sin } (\omega t - \varphi) + ½ \Phi m \text{ Sin } (\omega t + \varphi - 480°)$ ..... (3.12)

Dari persamaan diatas, bila diuraikan maka suku kesatu, ketiga, dan kelima akan silang menghilangkan. Dengan demikian dari persamaan akan didapat fluks total sebesar:

$\Phi T = ¾ \Phi m . \text{Sin } (\omega t - \Phi) \text{ Weber}$ ..... (3.13)

Jadi medan resultan merupakan medan putar dengan modulus 3/2 Φ dengan sudut putar sebesar ω. Maka besarnya tegangan masing-masing fasa adalah:

E_{maks} = Bm ℓ ω r Volt ..... (3.14)

dimana:

Bm = Kerapatan Fluks maksimum kumparan medan rotor (Tesla)

ℓ = Panjang masing-masing lilitan dalam medan magnetik (Weber)

ω = Kecepatan sudut dari rotor (rad/s)

r = Radius dari jangkar (meter)

3.3 Relai

Relai merupakan komponen elektronik yang sering digunakan pada suatu sistem pengaman jaringan listrik. Pada dasarnya relai bekerja seperti saklar, namun mempunyai prinsip kerja yang berbeda dengan saklar.

3.3.1 Definisi

Relai adalah komponen elektronika berupa saklar elektronik yang digerakkan oleh arus listrik. Secara prinsip, relai merupakan tuas saklar yang digerakan oleh medan magnet dari batang besi (*selenoid*) yang berlilit kawat dan dialiri oleh arus listrik. Ketika solenoid dialiri arus listrik, tuas akan tertarik karena adanya gaya magnet yang terjadi pada solenoid sehingga kontak saklar akan menutup. Pada saat arus dihentikan, gaya magnet akan hilang, tuas akan kembali ke posisi semula dan kontak saklar kembali terbuka. Relai biasanya digunakan untuk menggerakkan arus/tegangan yang besar (misalnya peralatan listrik 4 ampere AC 220 V) dengan memakai

arus/tegangan yang kecil (misalnya 0.1 ampere 12 Volt DC). Penemu relai pertama kali adalah Joseph Henry pada tahun 1835.

Dalam pemakaian, biasanya relai yang digerakkan dengan arus DC dilengkapi dengan sebuah dioda yang diparalelkan dengan lilitannya dan dipasang terbalik yaitu anoda pada tegangan (-) dan katoda pada tegangan (+). Dioda ini bertujuan untuk mengantisipasi fluks listrik yang terjadi pada saat relai berganti posisi dari On ke Off agar tidak merusak komponen di sekitarnya.

Penggunaan relai perlu memperhatikan tegangan pengontrolnya serta kekuatan relai men-switch arus/tegangan. Biasanya ukurannya tertera pada body relai. Misalnya "relai 12VDC/4 A 220V", artinya tegangan yang diperlukan sebagai pengontrolnya adalah 12Volt DC dan mampu men-switch arus listrik (maksimal) sebesar 4 ampere pada tegangan 220 Volt. Sebaiknya relai difungsikan 80% saja dari kemampuan maksimalnya agar aman, lebih rendah lagi lebih aman. Ada relai jenis lain yang bernama *reedswitch* atau relay lidi. Relai jenis ini berupa batang kontak terbuat dari besi pada tabung kaca kecil yang dililitin kawat. Pada saat lilitan kawat dialiri arus, kontak besi tersebut akan menjadi magnet dan saling menempel sehingga menghubungkan kontak satu sama lain (On). Ketika arus pada lilitan dihentikan medan magnet hilang dan kontak kembali terbuka (Off). Relai – relai analog/konvensional dengan fungsi yang lebih spesifik (seperti relai: arus lebih, tegangan lebih, diferensial, dll.) mempunyai prinsip dasar seperti dibawah ini.

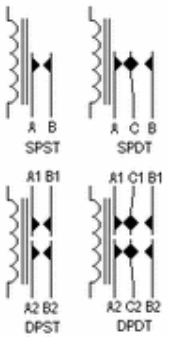
a. **SPST** - ***S**ingle **P**ole **S**ingle **T**hrow*

b. **SPDT** - **S**ingle **P**ole **D**ouble **T**hrow. Terdiri dari 5 buah pin, yaitu : 2 koil, 1 *common*, 1 NC, 1 NO

c. **DPST** - ***D**ouble **P**ole **S**ingle **T**hrow*. Setara dengan 2 buah saklar atau relai SPST

d. **DPDT** - ***D**ouble **P**ole **D**ouble **T**hrow*. Setara dengan 2 buah saklar atau relai SPDT

e. **QPDT** - ***Q**uadruple **P**ole **D**ouble **T**hrow*. Sering disebut sebagai *Quad Pole Double Throw*, atau 4PDT. Setara dengan 4 buah saklar atau dua buah relai SPDT atau dua buah relai DPDT. Terdiri dari 14 pin (termasuk 2 buah untuk koil).



Gambar 3.6 Rangakian Prinsip Dasar Relay



Gambar 3.7 Relay Analog/Konvensional

3.3.2 *Digital Relay Sistem* (DRS)

Digital Relay Sistem (DRS) merupakan seperangkat alat proteksi berteknologi dijital (logika 0 dan 1) yang terdiri dari beberapa komponen elektronika, relai – relai dengan fungsi spesifik dan *Card Module* (mikrokontroler) yang berfungsi sebagai pengatur sistem proteksinya. DRS mempunyai keunggulan dalam masalah *free maintenance*, kalibrasi/*adjustment setting* (apabila ada penyimpangan dikalibrasi dengan cara *Loading Program* pada komputer), bersifat *discontinue*, Akurasi baik dan dapat dilakukan tes *input/output* (koneksi antarmuka UART RS232). DRS ini pun mempunyai kelemahan, apabila *card module* rusak seluruh fungsi proteksi tidak dapat bekerja, selain itu program*/software* sensitif terhadap suhu area/ruangan karena menggunakan memori yang terdapat pada *card module* itu sendiri (EPROM), sehingga suhu area/ruangan harus konstan. DRS lebih unggul dalam segi fungsi jika dibandingkan dengan relai konvensional seperti relai induksi elektromekanik untuk keperluan pembangkit listrik. Relai berjenis induksi elektromekanik dipengaruhi oleh frekuensi sehingga tidak dapat menggunakan arus searah (DC) dan dibutuhkan waktu yang panjang untuk men-*reset*.



Gambar 3.8 *Digital Relay System* (DRS)



Gambar 3.9 Bagian Depan Atas *Digital Relay System* (DRS)

BAB IV

PENGUJIAN DAN KALIBRASI DIGITAL RELAI SISTEM (DRS)

4.1 Cara dan Waktu Pengujian Alat Proteksi Cirata I dan Cirata II

Pengujian dan kalibarasi relai proteksi Cirata I dilakukan dengan cara *rack out*, yaitu dengan membongkar-pasang dan menguji satu per satu peralatan proteksi yang terpasang pada sistem proteksi. Sedangkan cara pengujian dan kalibrasi peralatan proteksi Cirata II, pengujiannya tidak dapat di-*rack out* seperti halnya Cirata I. Alat proteksi Cirata II yang berupa *Card Module,* harus diuji dan dikalibrasi dalam kondisi terpasang pada sistem proteksi.

Proses pengujian tersebut diatas merupakan kegiatan rutin (tahunan) PT. PJB UP Cirata, dan termasuk dalam kegiatan yang disebut Inspeksi Perawatan (*Maintenance Inspection*). Jenis inspeksi perawatan yang berupa pengujian ini termasuk dalam kategori perawatan *General Inspection,* yang dilakukan secara periodik (4 tahun sekali) oleh Unit KONIN. Pada saat pelaksanaan kerja praktek di PT. PJB UP Cirata, Unit KONIN sedang melaksanakan *General Inspection*, tepatnya menguji dan mengkalibrasi alat proteksi DRS pada sistem proteksi generator unit 6 Cirata II.

Setelah melakukan pengkalibrasian, Unit KONIN melakukan pengujian ulang yang disebut *Function Test. Function Test* adalah menguji fungsi dari masing - masing peralatan proteksi serta pengawatannya (*wiring*) secara keseluruhan.

4.2 Relai – relai Proteksi Pada Cirata II

Relai – relai proteksi pada sistem proteksi Cirata II terpasang dan tergabung pada alat proteksi yang bernama DRS. DRS digunakan pada sistem proteksi *Generator*, *Main Transformator, Station Service Transformator,* dan *House Transformator.* Relai – relai yang terpasang pada tiap DRS tersebut antara lain:

a. *Generator*

1. *Differential Relay* (kode : MD 31)
2. *Field Failure Relay* (kode : ME 321)
3. *Overvoltage Relay* (kode : MU OV)
4. *Undervoltage Relay* (kode : MU UV)
5. *Impendance Relay* (kode : MZ 321)
6. *Overcurrent Excitation Relay* (kode : MI)
7. *Earth Voltage Relay* (kode : MV 11)
8. *Rotor Earth Fault High Resistance Relay* (kode : MR 11)
9. *Rotor Earth Fault Low Resistance Relay* (kode : MR 12)
10. *Frequency Relay* (kode : MF 11)

b. *Main Transformator*

1. 500 KV *Neutral Overcurrent Relay Main* (kode : MI)
2. 500 KV *Neutral Overcurrent Relay Back*-up (kode : MI)
3. *Differential Relay* (kode : MD31)
4. *Differential Relay* (kode : MD31)
5. *Differential Relay* (kode : MD31)
6. *Differential Relay* (kode : MD31)

7. 100% *Earth Fault Relay* (kode : MU)
8. 100% *Earth Fault Relay* (kode : MU)
9. *Overcurrent Generator Relay I Main* (kode : MI)
10. *Overcurrent Generator Relay I Back-up* (kode : MI)
11. *Overcurrent Generator Relay II Main* (kode : MI)
12. *Overcurrent Generator Relay II Back-up* (kode : MI)
13. *Overcurrent Generator Relay I Main* (kode : MI)
14. *Overcurrent Generator Relay I Back*-up (kode : MI)
15. *Overcurrent Generator Relay II Main* (kode : MI)
16. *Overcurrent Generator Relay II Back-up* (kode : MI)

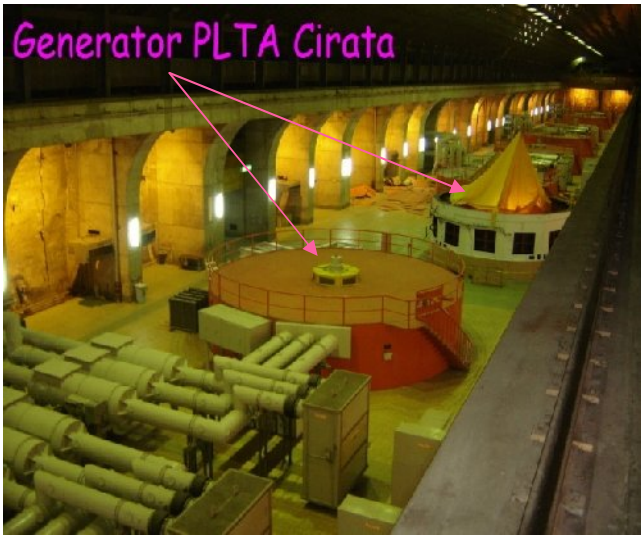
c. Station Service *Transformator*, meliputi :

1. *Overcurrent* 16,5 KV *Relay* (kode : MI)
2. *Overcurrent* 20 KV *Relay* (kode : MI)
3. *Differential Relay* (kode : MD31)

d. House *Transformator*

1. *Overcurrent Relay* (kode : MI)

PT. PJB UP Cirata mempunyai 8 buah turbin *Francis Vertical Shaft,* dengan kata lain terdapat 8 buah generator sebagai pembangkit listriknya. 8 buah generator tersebut dibagi menjadi 2 bagian, yaitu: 4 unit pada Cirata I dan 4 unit pada Cirata II. Generator pada Cirata II (unit 5, 6, 7, dan 8) diproteksi oleh alat proteksi yang bernama DRS.



Gambar 4.1 Generator PLTA Cirata

4.3 Pra Kalibrasi

Peralatan yang digunakan

a. *Note Book Computer* dengan OS WINDOWS 95/98/2000/ XP
b. Kabel *Port* RS232
c. *Zera Tester Set*
d. Tahanan Variabel 100K Ohm
e. AC *Power supply*
f. *Oscillator Kenwood* AG 203
g. Frekuensi meter
h. VA Meter Standard (AC)
i. Kabel penghubung ukuran 1,5 m
j. Kabel penghubung ukuran 30 cm
k. VA meter dijital
l. Kabel *Roll*
m. *Tools Set*
n. Kebutuhan APD sesuai K3

Alat pendukung yang dibutuhkan

a. Buku *Manual Operation* Relai Proteksi Cirata II
b. Buku *Wiring Diagram* Relai Proteksi Cirata II
c. *Data Sheet* Spesifikasi Relai
d. Buku *Comisioning*
e. Buku Laporan Hasil Pengujian (sebelumnya)
f. *Working Permit* dan *Safety Permit*

Langkah sebelum pengujian

a. Sistem Manajemen Mutu ISO dan Sistem Manajemen K3/OHSAS sesuai *Standard Job* Perawatan harus diperhatikan
b. Memeriksa *Note Book Computer* (Laptop) serta kabel konektornya, dan periksa pula Program *Software* ELIN DRS-VE
c. Memeriksa *Zera Tester Set*, *Mainswitch* (kondisi "OFF"), semua potensiometer kondisi minimum
d. Pastikan alat ukur standard dan asesoris lain dalam kondisi baik (tidak rusak/siap pakai), dan masa berlaku sertifikasi peralatan tersebut belum kadaluwarsa
e. Membuat rangkaian pengujian sesuai gambar rangkaian (lihat. Lampiran)
f. Memblokir relai proteksi generator pada panel CT/VT Generator.

Pengoperasian *Note Book Computer*

1. *Note Book Computer*, *Power supply* dan Kabel Serial RS232 dihubungkan.
2. *Note Book Computer* diaktifkan
3. Icon DRS-VE pada dekstop dipilih dan sehingga muncul tampilan/*window* "ELIN DRS_User Program" seperti dibawah ini :



Gambar 4.2 Tampilan Jendela *Software* ELIN DRS User Program

4. Kabel Serial penghubung RS232 pada *Note Book Computer* dihubungkan ke *Card Module* DRS-VE fungsi relai yang akan diuji.



Gambar 4.3 *Serial Port* RS232 DRS-VE1

4.4 Langkah - langkah Pengujian dan Kalibrasi

Dalam pengujian dan kalibrasi DRS ini, dilakukan beberapa langkah - langkah pengujian pada setiap relai yang berhubungan dengan generator unit 6 Cirata 2. Di bawah ini adalah langkah – langkah pengujian relai - relai tersebut.

4.4.1 Relai Proteksi *Differential*

1. Rangkaian untuk pengujian relai *differential* (MD31) dirangkai seperti pada buku *Wiring Diagram* Relai Proteksi Cirata II. *Auxiliary Relay Alarm* K136 dicabut pada *Auxiliary Relay* ASCE *Unit* untuk memblokir HORN.
2. Pada menu atas *Window* ELIN User Program terdapat Fungsi Relai, lalu *icon* pengukuran dipilih >> *icon* Fungsi Relai *Differential* dipilih (yang akan diuji) sehingga akan muncul *Window Differential Setting>>icon* pengukurannya dipilih. Posisi tampilan tersebut diatur sedemikian rupa untuk memudahkan pembacaan.
3. Pengujian besar arus kerja (Ip) *stage* I diuji dengan menggunakan alat *Zera Tester*. Tombol "ON" (warna hijau) ditekan terlebih dahulu pada *Zera Tester*, lalu potensiometer untuk fasa R = L1 diatur secara perlahan - lahan sampai indikator *Trip Relai* pada *Card Module* DRS-VE1 menyala (warna merah). Untuk pengujian pada fasa S = L2 dan T = L3 sama seperti pengujian pada fasa R = L1 diatas.Besar arus tersebut dicatat pada lembar pengujian.
4. Pengujian besar arus kerja (Ip) stage II dilakukan dengan cara yang sama seperti Pengujian besar arus kerja (Ip) *stage* I untuk relai proteksi *differential* diatas (poin 3).

4.4.2 Relai Proteksi *Field Failure*

1. Rangkaian untuk pengujian relai *Field Failure* (MD321) dirangkai seperti pada buku *Wiring Diagram* Relai Proteksi Cirata II. *Auxiliary Relay Alarm* K144 dicabut pada *Auxiliary Relay* ASCE *Unit* untuk memblokir HORN.
2. Pada menu atas *Window* ELIN User Program terdapat Fungsi Relai, lalu *icon* pengukuran dipilih >> *icon* Fungsi *Field Failure* dipilih (yang akan diuji) sehingga akan muncul *Window Field Failure Setting >> icon* pengukurannya dipilih. Posisi tampilan tersebut diatur sedemikian rupa untuk memudahkan pembacaan.
3. Pengujian besar besar *Load Angle* diuji dengan menggunakan alat *Zera Tester*. Tombol "ON" (warna hijau) ditekan terlebih dahulu pada *Zera Tester*, lalu arus diatur sebesar 1A dan tegangan diatur 110 VAC (untuk semua fasa RST). Potensiometer diputar secara perlahan - lahan untuk *Phase Coarse Position* dan *Phase Fine Position* sampai indikator *Alarm Stage I* pada *Card Module* DRS-VE1 menyala (warna kuning). Besar *Load Angle* tersebut dicatat pada lembar pengujian.
4. Pengujian *Time Delay* dilakukan dengan menggunakan alat *Zera Tester*. Tombol "ON" (warna hijau) ditekan terlebih dahulu pada *Zera Tester*, lalu arus diatur sebesar 1A dan tegangan diatur 110 VAC (untuk semua fasa RST). Potensiometer diputar secara perlahan - lahan untuk *Phase Coarse Position* dan *Phase Fine Position.* Sudut *Load Angle* diatur pada 70° (sudut kerja *load angle*) dan tombol "*Tripping*" pada *Zera Tester* ditekan. *Card Module* DRS-VE1 direset (tombol warna Biru pada panel DRS), *Counter digital* pada *Zera Tester* dan tombol "ON" (warna hijau) ditekan.

Indikator *Alarm Stage* I fungsi relai *Load Angle* pada *Card Module* DRS-VE1 akan menyala (warna kuning) kemudian tonbol "On" dilepas pada saat indikator *Trip Stag*e I fungsi relai *Load Angle* pada *Card Module* DRS-VE menyala warna merah. Lama waktu tersebut dicatat pada lembar pengujian.

5. Pengujian besar arus *Field Failure Current* diuji dengan menggunakan alat *Zera Tester*. Tombol "On" (warna hijau) ditekan terlebih dahulu pada *Zera Tester*, kemuadian sudut *Load Angle* diatur pada 70°, lalu potensiometer untuk fasa T diatur secara perlahan - lahan sampai indikator Alarm Stage II menyala warna kuning. Besar arus tersebut dicatat pada lembar pengujian.
6. Pengujian *Field Failure Current Time Delay* diuji dengan menggunakan alat *Zera Tester*. Tombol "ON" (warna hijau) pada *Zera Tester* ditekan terlebih dahulu pada *Zera Tester*, lalu diberi arus 1 Adan set diberi tegangan 110 VAC untuk semua fasa (RST). Potensiometer pada *Coarse Phase Position* dan *Fine Position Phase* diatur dan sudut *Load Angle* diatur pada 70° (sudut kerja *Load Angle*). Potensiometer pada fasa T diberi 0,21A (arus kerja *Field Current*), lalu tombol "*Tripping*" pada *Zera Tester* ditekan. *Card Module* DRS-VE1 (tombol warna Biru) direset dan *Counter Digital* pada *Zera Tester* direset. Tombol "On" (warna hijau) pada indikator *Alarm Stage* II fungsi relai *Field current Card Module* DRS-VE1 ditekan kemudian dilepas pada saat indikator *Trip Stage* II menyala warna merah. Besar waktu tersebut di catat pada lembar pengujian.

4.4.3 Relai Proteksi *Over Voltage*

1. Rangkaian untuk pengujian relai *Over Voltage* (MD OV) dirangkai seperti pada buku *Wiring Diagram* Relai Proteksi Cirata II. *Auxiliary Relay Alarm* K139 dicabut pada *Auxiliary Relay* ASCE *Unit* untuk memblokir HORN.
2. Pada menu atas *Window* ELIN User Program terdapat Fungsi Relai, lalu *icon* pengukuran dipilih >> *icon* Fungsi *Over Voltage* dipilih (yang akan diuji) sehingga akan muncul *Window Over Voltage Setting*>>*icon* pengukurannya dipilih. Posisi tampilan tersebut diatur sedemikian rupa untuk memudahkan pembacaan.



Gambar 4.4 *Serial port* RS232 DRS-VE2

3. Pengujian besar arus kerja (Ip) *stage* I diuji dengan menggunakan alat *Zera Tester*. Tombol "ON" (warna hijau) ditekan terlebih dahulu pada *Zera Tester*, lalu potensiometer untuk fasa R = L1 diatur secara perlahan - lahan sampai indikator alarm relai *Over Voltage Stage* I pada *Card Module* DRS-VE1 menyala (warna merah). Untuk pengujian pada fasa S = L2 dan

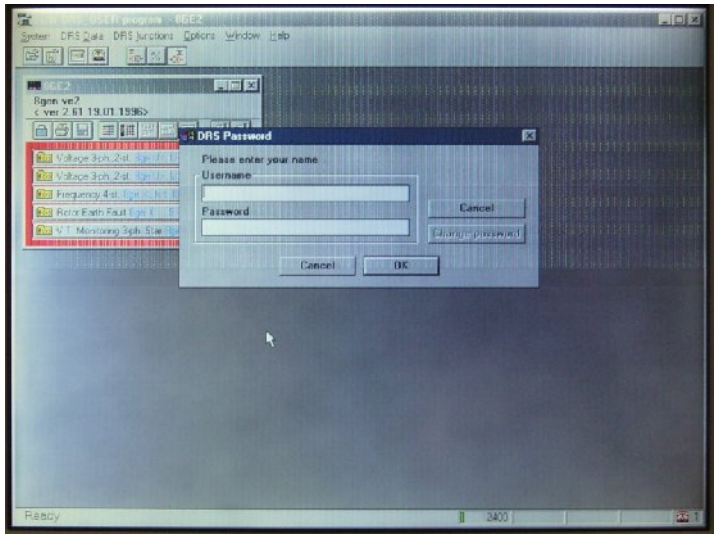
T = L3 sama seperti pengujian pada fasa R = L1 diatas. Besar arus tersebut dicatat pada lembar pengujian.

4. Pengujian *Time Delay Stage* I diuji dengan menggunakan alat *Zera Tester*. Tombol "ON" (warna hijau) ditekan terlebih dahulu pada *Zera Tester*, lalu potensiometer untuk fasa R = L1 diatur secara perlahan - lahan sampai indikator alarm relai *Over Voltage Stage* I pada *Card Module* DRS-VE2 menyala (warna kuning). Tombol "*Tripping*" pada *Zera Tester* ditekan, kemudian *Card Module* DRS-VE2 direset (tombol warna Biru) dan *Counter Digital* pada *Zera Tester* direset. Tombol "On" (warna hijau) ditekan dan ditahan sehingga indikator *Alarm Stage* I fungsi relai *Over Voltage* pada *Card Module* DRS-VE2 menyala (warna kuning). Pada saat indikator *Trip Stage* I fungsi relai *Over Voltage* pada *Card Module* DRS-VE2 menyala (warna merah) tombol dilepas. Besar waktu dicatat tersebut pada lembar pengujian.
5. Pengujian besar arus kerja (Ip) *stage* II ini sama dengan cara pengujian besar arus kerja (Ip) *stage* I diatas (poin 3).
6. Pengujian *Time Delay Stage* II ini sama dengan cara pengujian *Time Delay Stage* II diatas (poin 4).

4.4.4 Relai Proteksi *Under Voltage*

1. Rangkaian untuk pengujian relai *Under Voltage* (MD UV) dirangkai seperti pada buku *Wiring Diagram* Relai Proteksi Cirata II. *Auxiliary Relay Alarm* K138 dicabut pada *Auxiliary Relay* ASCE *Unit* untuk memblokir HORN.

2. Pada menu atas *Window* ELIN User Program terdapat Fungsi Relai, lalu *icon* pengukuran dipilih >> *icon* Fungsi *Under Voltage* dipilih (yang akan diuji) sehingga akan muncul *Window Under Voltage Setting*>>*icon* pengukurannya dipilih. Posisi tampilan tersebut diatur sedemikian rupa untuk memudahkan pembacaan.
3. *Password icon* bergambar gembok dipilih kemudian "DRS" (huruf kapital) pada kolom *username & password* diketikan lalu tombol "OK" ditekan (seperti gambar dibawah ini).



Gambar 4.5 Tampilan DRS *password*

4. Menu "System" sebelah kiri atas dipilih, lalu "digital input/ouput preset…" dipilih, sehingga akan keluar *Window* "digital input/ouput preset…" kemudian pada "BLOCK Under Voltage" diisi "0" untuk memblokir relai *Under Voltage*.
5. Pengujian besar tegangan kerja (Vp) stage II diuji dengan menggunakan alat *Zera Tester.* Tombol "ON" (warna hijau) ditekan terlebih dahulu pada

Zera Tester, lalu potensiometer untuk fasa R = L1 diatur secara perlahan - lahan sampai indikator alarm relai *Under Voltage Stage* I pada *Card Module* DRS-VE1 menyala (warna merah). Untuk pengujian pada fasa S = L2 dan T = L3 sama seperti pengujian pada fasa R = L1 diatas.Besar arus tersebut dicatat pada lembar pengujian

6. Pengujian *Time Delay Stage* I diuji dengan menggunakan alat *Zera Tester*. Tombol "ON" (warna hijau) ditekan terlebih dahulu pada *Zera Tester*, lalu potensiometer untuk fasa R = L1 diatur secara perlahan - lahan sampai indikator alarm relai *Under Voltage Stage* I pada *Card Module* DRS-VE2 menyala (warna kuning). Tombol "*Tripping*" pada *Zera Tester* ditekan dan tombol "U before 3X64/110V" (warna kuning) ditekan, lalu *Card Module* DRS-VE2 (tombol warna Biru) direset dan *Counter Digital* pada *Zera Tester* direset. Tombol "On" (warna hijau) pada indikator *Alarm Stage* I fungsi Relai *Under Voltage Card Module* DRS-VE2 ditekan dan ditahan sehingga menyala warna kuning, kemudian pada saat indikator *Trip Stage* I fungsi Relai *Under Voltage Card Module* DRS-VE2 menyala (warna merah) tombol dilepas. Besar tegangan dicatat tersebut pada lembar pengujian.
7. Pengujian besar tegangan kerja (Vp) stage II sama dengan cara pengujian Pengujian besar tegangan kerja (Vp) stage I diatas (poin 5).
8. Pengujian *Time Delay Stage* II sama dengan cara Pengujian *Time Delay Stage* I diatas (poin 6).

4.4.5 Relai Proteksi *Impedance*

1. Rangkaian untuk pengujian relai *Impedance* (MZ 321) dirangkai seperti pada buku *Wiring Diagram* Relai Proteksi Cirata II. *Auxiliary Relay Alarm* K137 dicabut pada *Auxiliary Relay* ASCE *Unit* untuk memblokir HORN.
2. Pada menu atas *Window* ELIN User Program terdapat Fungsi Relai, lalu *icon* pengukuran dipilih >> *icon* Fungsi *Impedance* dipilih (yang akan diuji) sehingga akan muncul *Window Impedance Setting>>icon* pengukurannya dipilih. Posisi tampilan tersebut diatur sedemikian rupa untuk memudahkan pembacaan.



Gambar 4.6 *Serial port* RS232 DRS-VE3

3. Pengujian besar *Impedance* diuji dengan menggunakan alat *Zera Tester*. Tombol "ON" (warna hijau) ditekan terlebih dahulu pada *Zera Tester*, kemudian tegangan diberi sebesar 110 VAC untuk semua fasa (RST), lalu potensiometer pada fasa R diatur secara perlahan-lahan sampai dengan indikator alarm fungsi relai *Impedance* pada *Card Module* DRS-VE3 menyala (warna kuning). Besar arus, tegangan dan impedansi tersebut dicatat pada lembar pengujian.

4. Pengujian waktu kerja *Impedance* diuji dengan menggunakan alat *Zera Tester*. Tombol "On" (warna hijau) ditekan terlebih dahulu pada *Zera Tester*, kemudian tegangan diberi sebesar 110 VAC untuk semua fasa (RST), lalu potensiometer pada fasa R diatur secara perlahan-lahan sampai dengan indikator alarm fungsi relai *Impedance* pada *Card Module* DRS-VE3 menyala (warna kuning). Tombol "*Tripping*" pada *Zera Tester* ditekan, kemudian *counter digital* pada *Zera Tester* dan reset *Card Module* DRS-VE3 (tombol warna Biru) direset. Tombol "ON" (warna hijau) pada ditekan sampai dengan indikator alarm fungsi relai *Impedance* pada *Card Module* DRS-VE3 menyala (warna kuning), kemudian dilepas pada saat indikator *Trip Stage* I fungsi relai Impedance *Card Module* DRS-VE3 menyala (warna merah). Untuk pengujian pada fasa S = L2 dan T = L3 sama seperti pengujian pada fasa R = L1 diatas. Lama waktu tersebut dicatat pada lembar pengujian.
5. Pengujian besar *Current Interlock* diuji dengan menggunakan alat *Zera Tester*. Tombol "ON" (warna hijau) ditekan terlebih dahulu pada *Zera Tester*, kemudian tegangan diberi sebesar 110 VAC untuk semua fasa (RST). Potensiometer pada fasa R diatur secara perlahan-lahan sampai dengan indikator alarm fungsi relai *Current Interlock* pada *Card Module* DRS-VE3 menyala (warna kuning). Besar arus, tegangan dan *current interlock* tersebut dicatat pada lembar pengujian.
6. Pengujian waktu kerja *Current Interlock* diuji dengan menggunakan alat *Zera Tester*. Tombol "ON" (warna hijau) ditekan terlebih dahulu pada *Zera Tester*, kemudian tegangan diberi sebesar 110 VAC untuk semua fasa

(RST). Potensiometer pada fasa R diatur secara perlahan-lahan sampai dengan indikator alarm fungsi relai *Current Interlock* pada *Card Module* DRS-VE3 menyala (warna kuning). Tombol **"***Tripping***"** pada *Zera Teste* ditekan*r*, *counter digital* pada *Zera Tester* dan *Card Module* DRS-VE3 (tombol warna Biru) direset. Tombol "ON" (warna hijau) pada indikator alarm fungsi relai *Current Interlock* pada *Card Module* DRS-VE3 ditekan hingga menyala (warna kuning) kemudian dilepas pada saat indikator *Trip Stage* I fungsi relai *interlock* pada *Card Module* DRS-VE3 menyala (warna merah). Untuk pengujian pada fasa S = L2 dan T = L3 sama seperti pengujian pada fasa R = L1 diatas. Besar waktu tersebut dicatat pada lembar pengujian.

4.4.6 Relai Proteksi *Over Current Excitation*

1. Rangkaian untuk pengujian relai *Over Current Excitation* (MI) dirangkai seperti pada buku *Wiring Diagram* Relai Proteksi Cirata II. *Auxiliary Relay Alarm* K141 dicabut pada *Auxiliary Relay* ASCE *Unit* untuk memblokir HORN.
2. Pada menu atas *Window* ELIN User Program terdapat Fungsi Relai, lalu *icon* pengukuran dipilih >> *icon* Fungsi *Over Current Excitation* dipilih (yang akan diuji) sehingga akan muncul *Window Over Current Excitation Setting*>>*icon* pengukurannya dipilih. Posisi tampilan tersebut diatur sedemikian rupa untuk memudahkan pembacaan.



Gambar 4.7 *Serial port* RS232 DRS-VE4

3. Pengujian besar arus kerja stage 1 diuji dengan menggunakan alat *Zera Tester*. Tombol "ON" (warna hijau) ditekan terlebih dahulu pada *Zera Tester*, lalu potensiometer pada *Phase Arus* diatur secara perlahan-lahan sampai dengan indikator *Alarm Stage* I fungsi relai *Over Current Excitation* pada *Card Module* DRS-VE4 menyala (warna kuning). Besar arus kerja stage 1 tersebut dicatat pada lembar pengujian.
4. Pengujian waktu kerja *Stage* 1 diuji dengan menggunakan alat *Zera Tester*. Tombol "ON" (warna hijau) ditekan terlebih dahulu pada *Zera Tester*. Arus (2 X Is stage 1) diberi sebesar 0,78 Amp., tombol "*Tripping*" ditekan, *Card Module* DRS-VE4 (tombol warna Biru) dan *Counter Digital* pada *Zera Tester* direset. Tombol "On" (warna hijau) pada indikator *Alarm Stage* 1 fungsi relai *Over Current Excitation* pada *Card Module* DRS-VE4 ditekan hingga menyala warna kuning, kemudian dilepas pada saat indikator *Trip Stage* 1 fungsi relai *Over Current Excitation* pada *Card Module* DRS-VE4 menyala (warna merah). Besar waktu tersebut dicatat pada lembar pengujian.

5. Pengujian besar arus kerja *Stage* 2 sama dengan cara pengujian besar arus kerja *Stage* 1 diatas (poin 3).
6. Pengujian waktu kerja *Stage* 2 sama dengan cara Pengujian waktu kerja *Stage* 1 diatas (poin 4).

4.4.7 Relai Proteksi *Earth Fault Voltage*

1. Rangkaian untuk pengujian relai *Earth Fault Voltage* (MV 11) dirangkai seperti pada buku *Wiring Diagram* Relai Proteksi Cirata II. *Auxiliary Relay Alarm* K146 dicabut pada *Auxiliary Relay* ASCE *Unit* untuk memblokir HORN.
2. Pada menu atas *Window* ELIN User Program terdapat Fungsi Relai, lalu *icon* pengukuran dipilih >> *icon* Fungsi *Earth Fault Voltage* dipilih (yang akan diuji) sehingga akan muncul *Window Earth Fault Voltage Setting>>icon* pengukurannya dipilih. Posisi tampilan tersebut diatur sedemikian rupa untuk memudahkan pembacaan.
3. Pengujian besar tegangan kerja (Vp) stage I diuji dengan menggunakan alat *Zera Tester.* Tombol "On" (warna hijau) ditekan terlebih dahulu pada *Zera Tester*, lalu potensiometer untuk fasa R = L1 diatur secara perlahan - lahan sampai indikator alarm relai *Earth Fault Voltage Stage* I pada *Card Module* DRS-VE1 menyala (warna merah). Untuk pengujian pada fasa S = L2 dan T = L3 sama seperti pengujian pada fasa R = L1 diatas.Besar arus tersebut dicatat pada lembar pengujian.
4. Pengujian *Time Delay Stage* I diuji dengan menggunakan alat *Zera Tester.* Tombol "On" (warna hijau) ditekan terlebih dahulu pada *Zera Tester*, lalu

potensiometer untuk fasa R = L1 diatur secara perlahan - lahan sampai indikator alarm relai *Earth Fault Voltage Stage* I pada *Card Module* DRS-VE2 menyala (warna kuning). Tombol "*Tripping*" pada *Zera Tester* ditekan, kemudian *Card Module* DRS-VE2 (tombol warna Biru) dan *Counter Digital* pada *Zera Tester* direset. Tombol "On" (warna hijau) ditekan pada DRS-VE2 sehingga indikator *Alarm Stage* I fungsi relai *Earth Fault Voltage* pada *Card Module* DRS-VE2 menyala (warna kuning) ditekan, kemudian dilepas pada saat indikator *Trip Stage* I fungsi relai *Earth Fault Voltage* pada *Card Module* DRS-VE2 menyala (warna merah). Besar waktu tersebut dicatat pada lembar pengujian.

5. Pengujian besar tegangan kerja (Vp) *Stage* II sama dengan pengujian besar tegangan kerja (Vp) *Stage* I diatas (poin 3)
6. Pengujian *Time Delay Stage* II sama dengan Pengujian *Time Delay Stage* I diatas (4)

4.4.8 Relai Proteksi *Rotor Earth Fault High Resistance*

1. Rangkaian untuk pengujian relai *Earth Fault High Resistance* (MR 11) dirangkai seperti pada buku *Wiring Diagram* Relai Proteksi Cirata II. *Auxiliary Relay Alarm* K143 dicabut pada *Auxiliary Relay* ASCE *Unit* untuk memblokir *Horn*.
2. Pada menu atas *Window* ELIN User Program terdapat Fungsi Relai, lalu *icon* pengukuran dipilih >> *icon* Fungsi *Earth Fault High Resistance* (yang akan diuji) sehingga akan muncul *Window Earth Fault High*

Resistance Setting>>icon pengukurannya dipilih. Posisi tampilan tersebut diatur sedemikian rupa untuk memudahkan pembacaan.

3. Pengujian besar tahanan kerja *Rotor Earth Fault High Resistance Stage* I diuji dengan menggunakan alat *Zera Tester*. Tombol "On" (warna hijau) ditekan terlebih dahulu pada *Zera Tester*, lalu potensiometer untuk fasa R = L1 diatur secara perlahan - lahan sampai indikator alarm relai *Alarm Rotor Earth Fault High Resistance Stage* I pada *Card Module* DRS-VE4 menyala (warna kuning), kemudian besar tahanan tersebut dicatat pada lembar pengujian.
4. Pengujian *Time Delay Stage* I diuji dengan menggunakan alat *Zera Tester*. Tombol "On" (warna hijau) ditekan terlebih dahulu pada *Zera Tester*, lalu potensiometer untuk fasa R = L1 diatur secara perlahan - lahan sampai indikator alarm relai *Alarm Rotor Earth Fault High Resistance Stage* I pada *Card Module* DRS-VE4 menyala (warna kuning). Tombol "*Tripping*" pada *Zera Tester* ditekan, kemudian *Card Module* DRS-VE2 (tombol warna Biru) dan *Counter Digital* pada *Zera Tester* direset. Tombol "On" (warna hijau) ditekan pada DRS-VE2 sehingga indikator *Alarm Stage* I fungsi relai *Rotor Earth Fault High Resistance* pada *Card Module* DRS-VE2 menyala (warna kuning), kemudian dilepas pada saat indikator *Trip Stage* I fungsi relai *Rotor Earth Fault High Resistance* pada *Card Module* DRS-VE2 menyala (warna merah). Besar waktu tersebut dicatat pada lembar pengujian.

5. Pengujian besar tahanan kerja *Rotor Earth Fault High Resistance Stage II* diuji sama dengan cara pengujian besar tahanan kerja *Rotor Earth Fault High Resistance Stage I* (poin 3).
6. Pengujian *Time Delay Stage* II diuji sama dengan cara pengujian *Time Delay Stage* II (poin 4).

4.4.9 Relai Proteksi *Rotor Earth Fault Low Resistance*

1. Rangkaian untuk pengujian relai *Earth Fault Low Resistance* (MR 11) dirangkai seperti pada buku *Wiring Diagram* Relai Proteksi Cirata II. *Auxiliary Relay Alarm* K143 dicabut pada *Auxiliary Relay* ASCE *Unit* untuk memblokir *Horn*.
2. Pada menu atas *Window* ELIN User Program terdapat Fungsi Relai, lalu *icon* pengukuran dipilih >> *icon* Fungsi *Earth Fault Low Resistance* (yang akan diuji) sehingga akan muncul *Window Earth Fault Low Resistance Setting*>>*icon* pengukurannya dipilih. Posisi tampilan tersebut diatur sedemikian rupa untuk memudahkan pembacaan.
3. Pengujian besar tahanan kerja *Rotor Earth Fault Low Resistance Stage* I diuji dengan menggunakan alat *Zera Tester.* Tombol "On" (warna hijau) ditekan terlebih dahulu pada *Zera Tester*, lalu potensiometer untuk fasa R = L1 diatur secara perlahan - lahan sampai indikator alarm relai *Alarm Rotor Earth Fault Low Resistance Stage* I pada *Card Module* DRS-VE4 menyala (warna kuning), kemudian besar tahanan tersebut dicatat pada lembar pengujian.

4. Pengujian *Time Delay Stage* I diuji dengan menggunakan alat *Zera Tester.* Tombol "On" (warna hijau) ditekan terlebih dahulu pada *Zera Tester*, lalu potensiometer untuk fasa R = L1 diatur secara perlahan - lahan sampai indikator alarm relai *Alarm Rotor Earth Fault Low Resistance Stage* I pada *Card Module* DRS-VE4 menyala (warna kuning). Tombol "*Tripping*" pada *Zera Tester* ditekan*,* kemudian *Card Module* DRS-VE2 (tombol warna Biru) dan *Counter Digital* pada *Zera Tester* direset. Tombol "On" (warna hijau) ditekan pada DRS-VE2 sehingga indikator *Alarm Stage* I fungsi relai *Rotor Earth Fault Low Resistance* pada *Card Module* DRS-VE2 menyala (warna kuning), kemudian dilepas pada saat indikator *Trip Stage* I fungsi relai *Rotor Earth Fault Low Resistance* pada *Card Module* DRS-VE2 menyala (warna merah). Besar waktu tersebut dicatat pada lembar pengujian.
5. Pengujian besar tahanan kerja *Rotor Earth Fault Low Resistance Stage II* diuji sama dengan cara pengujian besar tahanan kerja *Rotor Earth Fault Low Resistance Stage I* (poin 3).
6. Pengujian *Time Delay Stage* II diuji sama dengan cara pengujian *Time Delay Stage* II (poin 4).

4.4.10 Relai Proteksi *Frequency*

1. Rangkaian untuk pengujian relai *Frequency* (MF 11) dirangkai seperti pada buku *Wiring Diagram* Relai Proteksi Cirata II. *Auxiliary Relay Alarm* K140 dicabut pada *Auxiliary Relay* ASCE *Unit* untuk memblokir HORN.

2. Pada menu atas *Window* ELIN User Program terdapat Fungsi Relai, lalu *icon* pengukuran dipilih >> *icon* Fungsi *Frequency* (yang akan diuji) sehingga akan muncul *Window Frequency Setting>>icon* pengukurannya dipilih. Posisi tampilan tersebut diatur sedemikian rupa untuk memudahkan pembacaan.
3. Pengujian Relai *Frequency* proteksi Cirata II tidak menggunakan *Zera Tester* tapi menggunakan AC *Power supply* yang dirangkai dengan CR *Oscillator* sebagai pembangkit variabel frekuensi.
4. Pengujian besar frekuensi kerja Stage 1 menggunakan *Power Supply* AC kemudian tegangan diatur sesuai yang tertera pada lembar pengujian. CR *Oscillator* diatur pada Frekuensi 50 Hz, kemudian resistansi potensiometer pada CR *Oscillator* diturunkan secara perlahan-lahan sampai dengan indikator *counter* waktu pada *Card Module* DRS-VE2 berhenti (warna kuning). Besar frekuensi tersebut dicatat pada lembar pengujian.
5. Pengujian waktu kerja *Frequency Stage* I, diuji dengan menggunakan alat *Zera Tester.* Tombol "On" (warna hijau) ditekan terlebih dahulu pada *Zera Tester*, lalu potensiometer untuk fasa R = L1 diatur secara perlahan - lahan sampai dengan indikator *counter* waktu pada *Card Module* DRS-VE2 berhenti (warna kuning). Tombol "*Tripping*" pada *Zera Tester* ditekan*,* kemudian *Card Module* DRS-VE2 (tombol warna Biru) dan *Counter Digital* pada *Zera Tester* direset. Tombol "On" (warna hijau) pada *Card Module* DRS-VE2 ditekan sehingga indikator *Alarm Stage* I fungsi relai *Frequency* pada *Card Module* DRS-VE2 menyala (warna kuning). Kemudian dilepas pada saat indikator *Trip Stage* I fungsi relai *Frequency*

pada *Card Module* DRS-VE2 menyala (warna merah). Besar waktu tersebut dicatat pada lembar pengujian.

6. Pengujian besar frekuensi kerja *Stage* 2, 3 dan 4 diuji sama dengan cara pengujian besar frekuensi kerja *Stage* 1 (poin 4).
7. Pengujian waktu kerja frekuensi *Stage* 2, 3 dan 4 diuji sama dengan cara pengujian waktu kerja frekuensi *Stage* 1 (poin 5).

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Pengujian dan kalibrasi alat proteksi DRS menggunakan *Software* ELIN DRS *User Program* (*Vendor*: Austria) melalui koneksi antarmuka (UART RS232) dengan cara *Loading Program* pada EPROM DRS. Alat DRS ini terbukti sangat efesien dan fleksibel dalam masalah pengujian dan kalibrasi, jika dibandingkan dengan alat proteksi konvensional (disk induksi magnetik) yang terpasang untuk sistem proteksi Cirata II. Alat DRS inipun, memberikan kemudahan dalam mencari titik kerusakan apabila terjadi kerusakan pada suatu sistem proteksi. Alat proteksi DRS ini tidak perlu dibongkar (*rack-out*) pada saat pengujian maupun kalibrsainya, sehingga tidak menggangu proses produksi.
2. Hasil pengujian pada alat proteksi DRS untuk Generator Unit 6 ini dinyatakan sangat baik, karena relai – relai yang diuji masih berfungsi dengan baik dan masih dalam kondisi siap pakai, sehingga tidak perlu dikalibrasi. Relai – relai yang telah diuji tersebut adalah *Differential Relay, Field Failure Relay,Overvoltage Relay, Undervoltage Relay, Impendance Relay, Overcurrent Excitation Relay, Earth Voltage Relay, Rotor Earth Fault High Resistance Relay, Rotor Earth Fault Low Resistance Relay, Frequency Relay.*
3. *Card module* pada alat DRS mempunyai sensitivitas terhadap suhu ruangan, sehingga diperlukan *Air Conditioner*. Suhu ruangan yang ijinkan

harus kurang dari 27°C. Bentuk dan penempatan DRS perlu didesain sedemikian rupa agar sirkulasi udara pada ruangan dapat berjalan dengan lancar dan teramati. Kerusakan *card module* yang terjadi akibat suhu ruangan yang kurang mencukupi adalah hangus/gosong pada bagian PCB-nya, sehingga diperlukan *card module* pengganti yang harus mengimpor dari *vendor* aslinya, yaitu Negara Austria.

5.2 Saran

1. *Life Time* peralatan proteksi perlu diperhatikan dengan cermat, karena sangat berpengaruh pada kegiatan produksi listrik. Bila ada peralatan proteksi yang sudah usang dan masih fungsional sebaiknya diganti dengan peralatan proteksi yang baru sebagai tindakan pencegahan sebelum terjadi kerusakan yang sangat fatal.
2. Akurasi dan fungsi alat - alat ukur harus diperhatikan dengan cermat, agar pada saat digunakan tidak menghambat proses pengujian dan kalibrasi.
3. Penggantian alat apabila terjadi kerusakan seperti *card module* perlu mengimpor dari luar negeri, sehingga memakan waktu yang lama dan biaya yang cukup besar jika hanya untuk mengganti 1 alat saja. Hal ini tentu dapat diatasi, karena para ahli/pakar bidang kelistrikkan Indonesia dirasakan mampu untuk membuat alat seperti DRS, sehingga dapat mengurangi masalah biaya dan waktu.
4. Perawatan dan pengujian peralatan proteksi yang dilakukan secara berkala di PT PJB UP Cirata harus tetap dilaksanakan, mengingat peralatan yang

digunakan berhubungan dengan keselamatan para pekerja dan proses produksi.

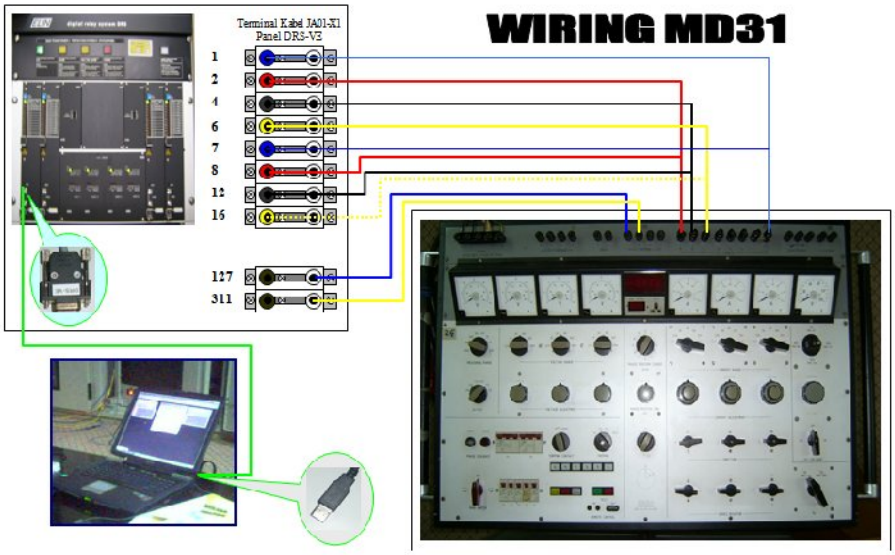
5. Keberhasilan dapat tercapai dengan semangat, kedisiplinan, dan kerjasama tim, baik turut serta dalam mendukung setiap pelaksanaan pengujian relai proteksi PLTA Cirata, maupun penggunaan peralatan yang selalu mengutamakan kaidah - kaidah Manajemen K3 pada setiap pelaksanaan pengujian.

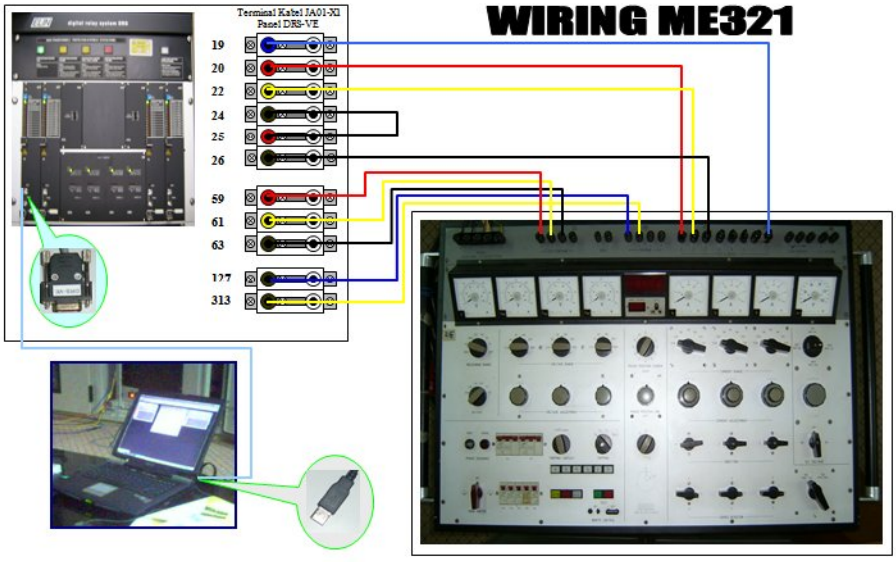
DAFTAR PUSTAKA

1. Gibilisco, Stan. 1999, "*Teach Yourself Electricity and Electronics"*, 3rd Edition. New York: McGraw - Hill.
2. Jasa Pendidikan dan Pelatihan PT. PLN (Persero). 1998, "*Dasar – Dasar Kontrol Instrumen"*, Jakarta Selatan: PT. PLN (Persero).
3. Tokheim. 1999, "*Digital Electronics:Principles and Applications"*, 4th Edition. New York: McGraw - Hill.
4. Wibowo, Nur Makmury. 2008, "*Buku Panduan dan SOP Untuk Pengujian dan Kalibrasi Relai Proteksi PLTA Cirata II"*, Purwakarta: Bidang KONIN PT. PJB UP CIRATA.
5. _____http://www.dunia-listrik.blogspot.com. (22/08/2009, 16:36)
6. _____http://www.energi.lipi.go.id. (22/08/2009, 16:36)
7. _____http://portal.ptpjb.com. (25/08/2009 21:38)
8. _____http://www.pln-jabar.co.id. (15/08/2009, 16:36)
9. _____http://www.uptlin-kalibrasi.com. (22/08/2009, 16:36)

Lampiran C

Contoh *Wiring* Pengujian dan kalibrasi DRS





Lampiran D

Contoh Formulir Hasil Uji

PT PEMBANGKITAN JAWA BALI UNIT PEMBANGKITAN CIRATA	FORMULIR HASIL UJI	Halaman : 1 Tanggal : 10/08/2009 Nomor : CA-FR-3-17-11-A-06

Proteksi Differential Generator (87G)

Lokasi : **PANEL RELAI CR. P.H. Cirata 2**
Proteksi : **GENERATOR UNIT 6**

INDENTIFIKASI PLANT	+ JA01 - F 101	RATED CURRENT	1 Amp.
PABRIK	ELIN	RATIO CT	6000 / 1 Amp.
TYPE	MD 31	WIRING DIAGRAM	4 - 637 650
NO. SERIE	-	AUXILLIARY SUPPLY	110 Volt. Dc.

I. SETTING

PHASA	L1	L2	L3	Catatan :
BASIC SETTING	0.3 Amp.	0.3 Amp.	0.3 Amp.	
BIAS KARATERISTIK	45 %	45 %	45 %	
VECTOR GROUP	F	F	F	
ZERO SEQUENCE	OFF	OFF	OFF	
CURRENT COMPENSATION	1.0	1.0	1.0	

II. WIRING CHECK

CT	Aux.Supply		TRIP	ALARM	Catatan :

III. SECONDARY INJECTION

PHASA	Arus Kerja ke I (Amp.)		Arus Kerja ke II (Amp.)		Catatan :
L1					
L2					
L3					

CATATAN :

MENGETAHUI,		DIPERIKSA,	PENGUJI,
Koordinator AT	QC / Engineering	Sub Kont. Inspect. Kmin	NUR MAKMURY W. NIP. 6989028 K III