

**PENGAMAN ARUS LEBIH BERBASIS SCADA PADA JARINGAN
DISTRIBUSI PENYULANG TENGGIRI DI AREA PENGATUR
DISTRIBUSI (APD) PT. PLN (PERSERO) PALEMBANG**



LAPORAN AKHIR

Disusun Untuk Memenuhi Syarat Menyelesaikan Pendidikan Diploma III
Pada Jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Listrik

Oleh

BENYAMIN IGNATIUS GULTOM

0612 3031 0173

POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA

PALEMBANG

2015

**PENGAMAN ARUS LEBIH BERBASIS SCADA PADA JARINGAN
DISTRIBUSI PENYULANG TENGGIRI DI AREA PENGATUR
DISTRIBUSI (APD) PT. PLN (PERSERO) PALEMBANG**



LAPORAN AKHIR

Disusun Untuk Memenuhi Syarat Menyelesaikan Pendidikan Diploma III
Pada Jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Listrik
Politeknik Negeri Sriwijaya

Oleh

BENYAMIN IGNATIUS GULTOM
0612 3031 0173

Menyetujui,

Pembimbing I,

Palembang, Juli 2015
Pembimbing II,

Sudirman Yahya, S.T., M.T
NIP. 19670113 199203 1 002

Mutiar, S.T., M.T.
NIP. 19641005 199003 1 004

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Ketua Program studi
Teknik Listrik

Ir. Ali Nurdin, M.T.
NIP. 19621207 199103 1 001

Herman Yani, S.T., M.Eng.
NIP. 19651001 199003 1 006

MOTTO

“Nothing Impossible In The World, If You Always Trying And Do The Best”

“Dibalik Duka Telah Menanti Harta Tak Ternilai Dan Abadi”

*“Tak Ada Yang Bisa Untuk Dibanggakan Karena Semuanya
Hanya Dari TUHAN”*

Kupersembahkan Kepada :

- ❖ My Savior Jesus Christ*
- ❖ My Parents*
- ❖ My Brothers and My Sister*
- ❖ My Family*
- ❖ My Friends*
- ❖ My College*

ABSTRAK

PENGAMAN ARUS LEBIH BERBASIS SCADA PADA JARINGAN DISTRIBUSI PENYULANG TENGGIRI DI AREA PENGATUR DISTRIBUSI (APD) PT. PLN (PERSERO) PALEMBANG

(2015 : xvi + 73 Halaman + 36 Gambar + 14 Tabel + Lampiran)

BENYAMIN IGNATIUS GULTOM

0612 3031 0173

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK

POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA

Arus lebih merupakan gangguan yang sering terjadi pada jaringan distribusi. Arus lebih dapat mengakibatkan kerusakan pada alat dan berbahaya bagi manusia, oleh karena itu dipasang pengaman arus lebih berbasis SCADA agar dapat mendeteksi gangguan dan mengamankannya. Dengan menggunakan rumus arus gangguan hubung singkat dan setting arus serta TMS relay proteksi, maka didapat setting arus pada relay proteksi 2,35 A dan TMS 0,12. Pengoperasian pengaman arus lebih dapat dilakukan dari jarak jauh menggunakan sistem SCADA, yang memanfaatkan jaringan komunikasi dengan frekuensi 900 – 907,5 MHz. Dengan menggunakan sistem SCADA gangguan dapat diisolasi dan diketahui lokasi gangguan, sehingga perawatan dan perbaikan dapat dilakukan. Setelah perawatan dan perbaikan dilakukan, CB dapat kembali dihubungkan menggunakan sistem SCADA.

Kata kunci : SCADA, Pengaman Arus Lebih, dan Relay Proteksi

ABSTRACT

SCADA BASED OVERCURRENT SECURITY ON DISTRIBUTION NETWORK OF TENGGIRI IN REGULATOR DISTRIBUTION AREA (APD) PT. PLN (PERSERO) PALEMBANG

(2015 : xvi + 73 Pages + 36 Pictures + 14 Tables + Attachments)

BENYAMIN IGNATIUS GULTOM

0612 3031 0173

MAJORING IN ELECTRICAL ENGINEERING

STATE POLYTECHNIC OF SRIWIJAYA

Overcurrent is a disturbance that often occurs in the distribution network. Overcurrent can result in damage to the unit and dangerous to human, therefore, SCADA based overcurrent security is installed so that it detects disturbance and secure it. By using the formula of short circuit current and the current setting and TMS relay protection, so obtained setting of current on the protection relay is 2.35 A and TMS is 0.12. The operation of overcurrent safety can be done remotely using SCADA system, which utilizes communication network with a frequency from 900 until 907,5 MHz. By using the SCADA system disturbance can be isolated and known the location of disturbance, so that maintenance and repair can be done. After maintenance and repair is done, CB can be connected again by using a SCADA system.

Keywords : SCADA, Security Over current, and Relay Protection

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan akhir dengan judul “Pengaman Arus Lebih Berbasis SCADA Pada Jaringan Distribusi Penyulang Tenggara Di Area Pengatur Distribusi (APD) PT. PLN (Persero) Palembang” tepat pada waktunya. Penulisan laporan akhir ini guna untuk memenuhi sebagian syarat untuk menyelesaikan pendidikan Diploma III pada Jurusan Elektro Program Studi Teknik Listrik Politeknik Negeri Sriwijaya.

Penulis menyadari bahwa di dalam penulisan laporan ini masih terdapat kelemahan, oleh karena itu penulis dapat menerima masukan, kritik dan saran yang dapat menyempurnakan laporan ini dan penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah memberikan bantuan kepada penulis dalam penyelesaian laporan akhir ini, khususnya kepada :

1. RD. Kusumanto, S.T., M.M. selaku Direktur Politeknik Negeri Sriwijaya;
2. Ir. Ali Nurdin, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya;
3. Ir. Siswandi, M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya;
4. Herman Yani, S.T., M.Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Listrik Politeknik Negeri Sriwijaya;
5. Sudirman Yahya, S.T., M.T. selaku Pembimbing I Laporan Akhir di Politeknik Negeri Sriwijaya yang senantiasa memberikan bimbingan, arahan, dan bantuannya dalam penyelesaian laporan akhir ini;
6. Mutiar, S.T., M.T. selaku Pembimbing II Laporan Akhir di Politeknik Negeri Sriwijaya yang senantiasa memberikan bimbingan, arahan, dan bantuannya dalam penyelesaian laporan akhir ini;
7. Manager dan karyawan PT. PLN (Persero) Area Pengatur Distribusi (APD) Sumatera Selatan, Jambi dan Bengkulu (S2JB);

8. Teman satu almamater yang turut juga dalam memberikan semangat dan do'a untuk menyelesaikan laporan akhir ini;

Saya mengucapkan terima kasih atas semangat, do'a dan bantuan yang telah diberikan kepada saya. Semoga semuanya akan mendapatkan pahala yang setimpal dari Tuhan Yang Maha Esa. Amin. Akhirnya dengan segala kerendahan hati, penulis mempersembahkan laporan ini dengan harapan semoga bermanfaat bagi semua orang, yang terkhususkan mahasiswa jurusan Teknik Elektro, Program Studi Teknik Listrik.

Palembang, Juli 2015

Penulis

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|-------------------------|---------|
| HALAMAN JUDUL..... | i |
| HALAMAN PENGESAHAN..... | ii |
| MOTTO | iii |
| ABSTRAK | iv |
| ABSTRACT..... | v |
| KATA PENGANTAR | vi |
| DAFTAR ISI..... | viii |
| DAFTAR TABEL..... | xiii |
| DAFTAR GAMBAR | xiv |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | xvi |

BAB I PENDAHULUAN

| | |
|--|---|
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Tujuan dan Manfaat | 2 |
| 1.3.1 Tujuan | 2 |
| 1.3.2 Manfaat | 2 |
| 1.4 Batasan Masalah..... | 2 |
| 1.5 Metodologi Penulisan | 3 |
| 1.5.1 Metode <i>Literatrure</i> | 3 |
| 1.5.2 Metode Observasi..... | 3 |
| 1.5.3 Metode <i>Interview</i> dan Wawancara..... | 3 |
| 1.6 Sistematika Penulisan | 3 |

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

| | |
|---|---|
| 2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik..... | 5 |
| 2.1.1 Sistem Radial | 5 |

| | |
|---|----|
| 2.1.2 Jaringan Hantaran Penghubung (<i>Tie Line</i>)..... | 6 |
| 2.1.3 Sistem <i>Loop</i> | 6 |
| 2.1.4 Sistem <i>Spindle</i> | 7 |
| 2.1.5 Sistem <i>Cluster</i> | 8 |
| 2.2 Gangguan | 9 |
| 2.2.1 Penyebab Gangguan..... | 9 |
| 2.2.1.1 Gangguan <i>Internal</i> (Dari Dalam)..... | 9 |
| 2.2.1.2 Gangguan <i>External</i> (Dari Luar) | 9 |
| 2.2.1.3 Gangguan Karena Faktor Manusia..... | 9 |
| 2.2.2 Akibat Gangguan | 9 |
| 2.2.2.1 Beban Lebih | 9 |
| 2.2.2.2 Hubung Singkat..... | 10 |
| 2.2.2.3 Tegangan Lebih..... | 10 |
| 2.2.2.4 Hilangnya Sumber Tenaga..... | 10 |
| 2.3 Gangguan Hubung Singkat | 10 |
| 2.3.1 Menghitung Impedansi..... | 12 |
| 2.3.1.1 Impedansi Sumber..... | 12 |
| 2.3.1.2 Impedansi Transformator | 13 |
| 2.3.1.3 Impedansi Penyulang | 14 |
| 2.3.1.4 Impedansi Ekuivalen Penyulang | 16 |
| 2.3.2 Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat | 18 |
| 2.4 Sistem Proteksi..... | 20 |
| 2.4.1 Fungsi Sistem Proteksi | 20 |
| 2.5 Relay Proteksi | 21 |
| 2.5.1 Relay Arus Lebih (<i>Over Current Relay</i>)..... | 22 |
| 2.5.2 Karakteristik Relay Arus Lebih | 22 |
| 2.5.2.1 Relay Arus Lebih Seketika (<i>Moment</i>)..... | 22 |
| 2.5.2.2 Relay Arus Lebih Karakteristik Waktu Tertentu (<i>Definite Time</i>) | 23 |
| 2.5.2.3 Relay Arus Lebih Karakteristik Waktu Terbalik (<i>Inverse Time</i>) | 24 |

| | | |
|---------|---|----|
| 2.5.3 | Penyetelan Relay Arus Lebih..... | 25 |
| 2.5.3.1 | Penyetelan Arus | 25 |
| 2.5.3.2 | Penyetelan <i>Time Multiple Setting</i> (TMS)..... | 26 |
| 2.6 | PMCB (<i>Pole Mounted Circuit Breaker</i>) | 27 |
| 2.6.1 | Cara Kerja PMCB | 27 |
| 2.6.1.1 | Cara Kerja PMCB Secara Otomatis | 27 |
| 2.6.1.2 | Cara Kerja PMCB Secara Manual | 29 |
| 2.7 | Kontaktor | 30 |
| 2.7.1 | Prinsip Kerja Kontaktor | 30 |
| 2.7.2 | Fungsi Kontaktor..... | 31 |
| 2.7.3 | Identifikasi Terminal (Kontak – Kontak)..... | 31 |
| 2.8 | SCADA (<i>Supervisory Control And Data Acquisition</i>) | 33 |
| 2.8.1 | Fungsi Dasar SCADA | 34 |
| 2.8.1.1 | Tele Metering (TM) | 34 |
| 2.8.1.2 | Tele Sinyal (TS) | 34 |
| 2.8.1.3 | Tele <i>Control</i> (TC) | 34 |
| 2.8.2 | SCADA DMS (<i>Distribution Management System</i>) | 34 |
| 2.8.2.1 | Mode Pengoperasian | 35 |
| 2.8.2.2 | Fungsi SCADA DMS..... | 36 |
| 2.8.3 | Komponen SCADA | 37 |
| 2.8.3.1 | Subsistem Pusat Kontrol (<i>Master Station</i>)..... | 37 |
| 2.8.3.2 | Subsistem RTU (<i>Remote Terminal Unit</i>)..... | 38 |
| 2.8.3.3 | <i>Power Supply</i> | 38 |
| 2.8.3.4 | <i>Signal Supply Fault</i> | 39 |
| 2.8.3.5 | Subsistem Telekomunikasi Data | 39 |
| 2.8.4 | Keuntungan Sistem SCADA..... | 40 |

BAB III METODE PENELITIAN

| | | |
|-----|---|----|
| 3.1 | Penyulang Tenggiri | 41 |
| 3.2 | Peralatan Sistem Pengaman Arus Lebih (PMCB) Berbasis SCADA | 41 |

| | |
|--|----|
| 3.3 Deskripsi Kerja Sistem Pengaman Arus Lebih Berbasis SCADA | 43 |
| 3.4 Data <i>Setting</i> Relay Arus Lebih..... | 43 |
| 3.5 Diagram <i>Flow Chart</i> | 44 |

BAB IV PEMBAHASAN

| | |
|---|----|
| 4.1 <i>Circuit Breaker</i> (CB)..... | 46 |
| 4.2 <i>Current Transformer</i> dan <i>Potential Transformer</i> | 47 |
| 4.3 Relay Arus Lebih | 48 |
| 4.4 Kontaktor | 49 |
| 4.5 RTU (<i>Remote Terminal Unit</i>) | 50 |
| 4.6 Modem GPRS | 51 |
| 4.7 <i>Master Station</i> | 52 |
| 4.8 HMI (<i>Human Machine Interface</i>) | 52 |
| 4.9 Prinsip Kerja Rangkaian | 53 |
| 4.10 Mekanisme Kerja Pengaman Arus Lebih (PMCB) Berbasis SCADA | 55 |
| 4.11 Perhitungan <i>Setting</i> Relay | 59 |
| 4.11.1 Perhitungan Daya Hubung Singkat | 59 |
| 4.11.2 Perhitungan Impedansi Sumber..... | 59 |
| 4.11.3 Perhitungan Reaktansi Transformer | 61 |
| 4.11.4 Perhitungan Impedansi Penyulang | 61 |
| 4.11.5 Perhitungan Impedansi Jaringan Distribusi (PMCB - Ujung)..... | 63 |
| 4.11.6 Perhitungan Impedansi Ekuivalen Jaringan Distribusi..... | 64 |
| 4.11.7 Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat..... | 65 |
| 4.11.8 Penyetelan Relay Arus Lebih PMCB Sei Duo | 69 |
| 4.12 Pemeriksaan Waktu Kerja Relay Arus Lebih | 70 |
| 4.13 Analisa Dan Pembahasan | 71 |

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

| | |
|----------------------|----|
| 5.1 Kesimpulan | 73 |
| 5.2 Saran..... | 73 |

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|---|---------|
| Tabel 2.1 Notasi dan Penomoran Kontaktor..... | 32 |
| Tabel 3.1 Data <i>Setting</i> Relay Arus Lebih | 43 |
| Tabel 4.1 Data Penyulang Tenggiri | 59 |
| Tabel 4.2 Impedansi Kawat Penghantar SUTM AAAC (SPLN: 64 Tahun 1985) dan Penghantar SKTM XLPE (IEC. 502) | 59 |
| Tabel 4.3 Data Beban Penyulang Tenggiri Tahun 2015..... | 60 |
| Tabel 4.4 Data Arus Hubung Singkat..... | 60 |
| Tabel 4.5 Impedansi Penyulang Urutan Positif / Negatif (Z_1 / Z_2)..... | 62 |
| Tabel 4.6 Impedansi Penyulang Urutan Nol (Z_0)..... | 62 |
| Tabel 4.7 Impedansi Jaringan Distribusi Urutan Positif / Negatif (Z_1 / Z_2). .. | 63 |
| Tabel 4.8 Impedansi Jaringan Distribusi Urutan Nol (Z_0)..... | 63 |
| Tabel 4.9 Impedansi Ekuivalen Jaringan Distribusi | 65 |
| Tabel 4.10 Arus Gangguan Hubung Singkat PMCB Sei Duo – Ujung..... | 69 |
| Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa dan Waktu Kerja Relay di PMCB Sei Duo | 71 |
| Tabel 4.12 Perbandingan Data <i>Setting</i> Relay PMCB Sei Duo | 71 |

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|--|---------|
| Gambar 2.1 Skema Saluran Sistem Radial..... | 5 |
| Gambar 2.2 Skema Saluran <i>Tie Line</i> | 6 |
| Gambar 2.3 Skema Saluran <i>Loop</i> | 7 |
| Gambar 2.4 Skema Saluran Sistem <i>Spindle</i> | 8 |
| Gambar 2.5 Skema Saluran Sistem <i>Cluster</i> | 8 |
| Gambar 2.6 Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa..... | 18 |
| Gambar 2.7 Gangguan Hubung Singkat 2 Fasa..... | 19 |
| Gambar 2.8 Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa Kestanah..... | 20 |
| Gambar 2.9 Rangkaian Pengawatan Relay Arus Lebih..... | 22 |
| Gambar 2.10 Karakteristik Relay Waktu Seketika..... | 23 |
| Gambar 2.11 Karakteristik Relay Waktu Tertentu..... | 23 |
| Gambar 2.12 Karakteristik Relay Waktu Terbalik..... | 24 |
| Gambar 2.13 <i>Pole Mounted Circuit Breaker</i> | 27 |
| Gambar 2.14 PMCB Dengan Media VCB <i>Motorized</i> | 28 |
| Gambar 2.15 Pergerakan Tuas PMCB Dengan Media VCB <i>Motorized</i> | 29 |
| Gambar 2.16 Tuas PMCB Dalam Posisi Terbuka (<i>open</i>)..... | 29 |
| Gambar 2.17 Simbol Kontaktor Magnet..... | 30 |
| Gambar 2.18 Notasi Penomoran Kontak Kontaktor..... | 32 |
| Gambar 2.19 <i>Remote Terminal Unit</i> (RTU)..... | 38 |
| Gambar 3.1 <i>Single Line</i> Trafo 2 GI Sungai Kedukan..... | 41 |
| Gambar 3.2 <i>Flow Chart Setting</i> Arus Relay Proteksi..... | 44 |
| Gambar 3.3 <i>Flow Chart</i> Pengintegrasian PMCB Dengan Sistem SCADA.. | 45 |
| Gambar 4.1 <i>Single Line</i> Penyulang Tenggiri..... | 46 |
| Gambar 4.2 Rangkaian <i>Circuit Breaker</i> (CB)..... | 47 |
| Gambar 4.3 Rangkaian CT dan PT..... | 48 |
| Gambar 4.4 Rangkaian Relay Proteksi..... | 49 |
| Gambar 4.5 Rangkaian Kontaktor..... | 50 |
| Gambar 4.6 Rangkaian RTU..... | 51 |

| | | |
|-------------|---|----|
| Gambar 4.7 | Rangkaian Sistem Pengaman Arus Lebih Berbasis SCADA | 53 |
| Gambar 4.8 | Tampilan PMCB Pada Layar Monitor HMI..... | 54 |
| Gambar 4.9 | Mekanisme Kerja Pengaman Arus Lebih (PMCB) Berbasis SCADA..... | 55 |
| Gambar 4.10 | Tampilan Layar Monitor HMI..... | 57 |
| Gambar 4.11 | Kolom Pengoperasian PMCB..... | 57 |
| Gambar 4.12 | Tampilan PMCB Dalam Keadaan <i>Open</i> Pada Layar HMI..... | 58 |
| Gambar 4.13 | Single Line Penyulang Tenggiri | 59 |
| Gambar 4.14 | Gangguan Hubung Singkat Lokasi Gangguan 1 % Dari PMCB | 65 |

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Lembar Kesepakatan Bimbingan LA (Pembimbing 1)
- Lampiran 2. Lembar Kesepakatan Bimbingan LA (Pembimbing 2)
- Lampiran 3. Lembar Bimbingan LA (Pembimbing 1)
- Lampiran 4. Lembar Bimbingan LA (Pembimbing 2)
- Lampiran 5. Lembar Rekomendasi Ujian LA
- Lampiran 6. Surat Izin Pengambilan Data
- Lampiran 7. Lembar Pelaksanaan Revisi Laporan Akhir
- Lampiran 8. *Single Line* Gardu Induk Sungai Kedukan
- Lampiran 9. Data Arus Hubung Singkat Gardu Induk Tahun 2015
- Lampiran 10. Data Data Penyulang Tenggara
- Lampiran 11. Rangkaian *Circuit Breaker* (CB)
- Lampiran 12. Rangkaian CT / PT Pada PMCB Sei Duo
- Lampiran 13. Rangkaian Relay Proteksi
- Lampiran 14. Rangkaian Kontaktor