

**EVALUASI SISTEM PROTEKSI TRANSFORMATOR DAYA 60 MVA
GARDU INDUK PAUH LIMO TRAGI PADANG**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Pendidikan Strata Satu (S1) Pada Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Bung Hatta*

Oleh

YULIA SAFITRI

1210017111042



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS BUNG HATTA
PADANG**

2016

LEMBARAN PENGESAHAN
SISTEM PROTEKSI TRANSFORMATOR DAYA 60 MVA GI PAUH
LIMO TRAGI PADANG

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1)
Pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri
Universitas Bung Hatta*

Oleh :

YULIA SAFITRI
1210017111042

Disetujui oleh:

Pembimbing I

Pembimbing II

Ir. Ija Darmana, MT
NIK : 940700335

Ir. Arzul, MT
NIK: 941100396

Diketahui Oleh:

Fakultas Teknologi Industri
Dekan

Jurusan Teknik Elektro
Ketua

Drs. Mulyanef, M.Sc
NIP: 19590208 198701 1001

Ir. Arnita, MT
NIP: 19622411 199203 2002

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dengan menyebut nama Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang
Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan, maka apabila kamu telah selesai (dari
sesuatu urusan) tetapkanlah bekerja keras (untuk urusan lain)
dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap.
(Abu Hurairah SA)

Alhamdulillah wa syukurillah

Dengan segenap kekuatan yang begitu terbatas
Akhirnya diberikan izin untuk menyelesaikan karya kecil ini
Untuk menatap masa depan yang mungkin jauh lebih berat
Untuk itu.... Tunjukilah dan bimbinglah aku ya ALLAH demi masa depan yang lebih baik

Karya kecil (Skripsi) ini Kupersembahkan buat keluarga tercinta, terutama Mamaku tercinta
(Darwilis) Do'a tulus dan kasih sayang yang engkau berikan seperti air yang terus mengalir
tiada hentinya, pengorbanan, motivasi, kesabaran dan ketabahan menghadapi sikap ayu yang
masih kekanakan, Maafkan ayu Maa... semoga ayu bisa menjadi pribadi yang lebih baik lagi,
Aamiin.

Dan untuk adikku tersayang (Rizky Ahmad S.) dan adekku tercinta (Serly Novia S.) tetapkanlah
berusaha menjadi lebih baik ya sayang-sayangnya akuu, rasanya baru ini contoh yang bisa uni
berikan, semoga nanti kita bertiga sukses yaa..

Teristimewa..

Mr.Rangkap yang hobi bikin galau, makasi Mr atas dukungan, motivasi akhir nya ayu ST
juga, ngk tau mau bilang apalagi Mr, hehe miss you.

Thank's To :

Untuk Sahabatku sekaligus sanakku Genta Putri Lesa S.T (Gentung) akhirnya kita sama-
sama meraih gelar ST sanak, meskipun kadang acoK mangaluah pengen baranti kuliah, hehe..
tetap semangat sanak untuk meraih kesuksesan kedepannya, mdh2n jodoh samo abg GSM-M

sanak, untuk sahabatku Putri Rahma yanti, Sovianti, Dera Dani makasi atas semangatnya, cepat nyusul calon espede.

Sahabat seperjuangan kuliah Ade Anisa, tetap semangat de, semoga kedepan jalan menuju sarjana dimudahkan, aamiin.

Ko.Ass LDEE (Alqadarmen) karajokan lah skripsi tu lai dan, jan organisasi juo nan d urus, ndk kabareleke capek mode uda Harfan CS ST, semoga niat baiknyo capek terakbul yo da, hehe..

Teman-teman seperjuangan meraih gelar ST (Hidayattullah, bg arif ramanda, falen, bg deki, ocim, ikhsan, ilham, juned, andri, bg bonica, bg arga, bg arifatul, septi lodor, mbk rika, ojhia, lisa) terima kasih untuk saling tolong menolong meraih gelar ST kita ini, semangat untuk mencari pekerjaan yang diinginkan, Aamiin

Dan terima kasih buat kawan-kawan elektro 012 yang masih melanjutkan perjuangan menggapai ST (hamid, ridho, sudar, sindo, alek, gito, kindi, teguh, david, rahmat hidayat, rianto, bg ali) tetap semangat kawan,, jangan pantang menyerah untuk meraih gelar ST nya.

Serta buat senior-senior yang tidak disebutkan semuanya, terimakasih atas motivasi dan semangatnya, buat junior-junior teruslah berjuang untuk meraih cita citamu.

Wassalamu'alaiikum W.W

Jadikanlah Skripsi ini sebagai motivasi dalam menyusun langkah,
mengukir cita-cita dalam merintis kesuksesan
Kesuksesan bukan hanya karena kecerdasan, tetapi juga karena besarnya kemauan,
kesungguhan, kerja keras, pantang menyerah,
diiringi dengan Do'a dan restu Orangtua

Thank's For All

YULIA SAFITRI, ST

KATA PENGANTAR



Syukur *Alhamdulillah* penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karuniaNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “ **Sistem Proteksi Transformator Daya 60 MVA GI Pauh Limo Tragi Padang**”. Skripsi ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Strata-1 pada jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis banyak mendapat gagasan, saran, bimbingan, serta bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

Bapak Ir. Ija Darmana, M.T selaku pembimbing I

Bapak Ir. Arzul, M.T selaku pembimbing II

Selain itu penulis juga banyak mendapatkan bantuan, arahan maupun motivasi serta bantuan dari segi moril maupun materil. Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Kepada Kedua Orangtuaku khusus kepada ibuk Darwilis, (Ibu) yang selalu memberikan motivasi kepada penulis dalam penyelesaian skripsi ini. Terima kasih “Ibu” atas motivasi, dukungan, semangat, nasehat dan doa-doa yang terus diberikan.
2. Bapak Ir. Drs. Mulyanef, M.Sc selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta.
3. Ibu Ir. Arnita, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta.

4. Bapak Ir. Cahayahati, M.T selaku pembimbing akademik Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta.
5. Seluruh dosen serta karyawan dilingkungan Teknik Elektro yang telah memberikan pengajaran, arahan, nasehat, mendidik sehingga penulis dapat menyelesaikan jenjang perkuliahan dan skripsi ini.
6. Kepada Adikku (Rizki Ahmad S) dan (Serly Novia S) yang selalu memberikan dukungan, semangat dan doa-doa agar saya bisa jadi contoh untuk mereka.
7. Kepada semua teman-teman angkatan 2012 yang tak disebutkan satu persatu, terima kasih atas dukungan, bantuan dan motivasinya hingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini.

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan mereka dengan kebaikan yang tiada tara.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak terdapat kejanggalan dan kekurangan, disebabkan kemampuan penulis masih terbatas, namun berkat kesungguhan dan dorongan serta bantuan dari berbagai pihak, skripsi ini dapat juga penulis selesaikan dengan baik. Semoga Allah Senantiasa menaungi kita dalam rahmat dan kasih sayang yang berlimpah. Aamiin.

Padang, Mei 2016

Penulis

INTISARI

Pengoperasian transformator daya yang handal sangat diperlukan dalam sistem tenaga listrik. Transformator daya adalah salah satu peralatan listrik yang berfungsi untuk menaikkan atau menurunkan tegangan. Pada transformator daya biasanya sering terjadi gangguan yang disebabkan oleh arus hubung singkat maupun gangguan pentanahan. Jika penyetelan relai arus lebih, relai hubung tanah, dan relai differensial kurang baik dapat menyebabkan pemadaman total, salah satu upaya yang dilakukan adalah dengan mengevaluasi setting relai proteksi pada transformator daya 60 MVA GI Pauh Limo sehingga saling terkoordinasi dengan baik dan proteksinya bekerja sesuai dengan fungsi dan nilai settingnya tanpa mengganggu kerja relai yang lain. Dari tabel hasil analisa setting relai OCR-GFR sisi 150 kV, incoming 20 kV untuk gangguan fasa-fasa dan fasa tanah dapat dilihat bahwa waktu kerja relai disisi incoming lebih cepat dibandingkan waktu kerja disisi 150 kV, dengan waktu kerja relai OCR disisi incoming didapat 0,2 detik, GFR incoming 0,26 detik, dan waktu kerja relai OCR disisi 150 kV 0,28 detik, GFR 150 kV 0,66 detik, sedangkan untuk relai differensial yang bekerja ketika arus gangguan 163,88 A dan I_{set} 57,84 A. Setting relai ini dapat dijadikan referensi dalam evaluasi dan setting ulang sistem proteksi transformator daya.

Kata kunci : *Transformator daya, OCR, GFR dan diferensial relay*

ABSTRACT

Reliable operation of the power transformer is needed in the power system. Power transformer is one of the electrical equipment that serves to raise or lower the voltage. In the power transformer is usually common disorder caused by a short circuit or an earth fault. If the adjustment relay overcurrent, relay circuit ground, and relays the differential poorly can cause blackout, one of the efforts is to evaluate the setting of relay protection of power transformers of 60 MVA substation Pauh Limo so mutually coordinated and protection work in accordance with the function and the value of the relay settings without disturbing other work. From the table analysis results setting relay OCR-GFR side of 150 kV, incoming 20 kV for interference phases and phase ground can be seen that the working time relay side incoming faster than working time hand 150 kV, with working time relay OCR side incoming obtained 0,2 seconds, 0.26 seconds incoming GFR, and the working time relay OCR side 150 kV 0.28 seconds, 0.66 seconds GFR of 150 kV, while the differential relay, which works when the noise current A and I_set 163.88 57.84 A. setting this relay can be used as a reference in the evaluation and re-setting power transformer protection system.

Keywords: Power transformers, OCR, GFR and differential relay

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| LEMBARAN PENGESAHAN | |
| KATA PENGANTAR | i |
| INTISARI | |
| ABSTRACT | |
| DAFTAR ISI | iii |
| DAFTAR GAMBAR | vi |
| DAFTAR TABEL | vii |
| DAFTAR NOTASI | viii |
| BAB 1. PENDAHULUAN | |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Defenisi masalah | 2 |
| 1.3 Batasan Masalah | 2 |
| 1.4 Tujuan penelitian | 2 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 3 |
| 1.6 Sistematika Penulisan | 3 |
| BAB 2. KAJIAN PUSTAKA | |
| 2.1 State Of The Art Review | 5 |
| 2.2 Landasan Teori | 6 |
| 2.2.1 Umum | 6 |
| 2.2.2 Gardu Induk | 7 |
| 2.2.3 Transformator Daya | 8 |
| 2.2.3.1 Bagian Transformator | 10 |
| 2.2.3.2 Bagian Utama | 10 |
| 2.2.3.3 Peralatan Bantu | 12 |
| 2.2.4 Gangguan Hubung Singkat | 14 |
| 2.2.5 Macam-Macam Gangguan Hubung Singkat | 15 |
| 2.2.5 Proteksi | 16 |

| | |
|--|----|
| 2.2.7 Sistem Proteksi Transformator Daya | 18 |
| 2.2.7.1 Relai Arus Lebih | 18 |
| 2.2.7.2 Relai Hubung Tanah | 21 |
| 2.2.7.3 Relai Diferensial | 23 |
| 2.3 Hipotesis | 28 |

BAB 3. METODE PENELITIAN

| | |
|--|----|
| 3.1 Klasifikasi Penelitian | 28 |
| 3.2 Formulasi dan Kelengkapan Penelitian | 29 |
| 3.3 Langkah Penelitian | 29 |
| 3.3.1 Langkah-Langkah Penelitian | 31 |
| 3.3.2 Metode Penyelesaian | 31 |
| 3.4 Deskriptif Sistem dan Analisis | 37 |

BAB 4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

| | |
|---|----|
| 4.1 Data dan Pengolahan Data | 38 |
| 4.2. Perhitungan Nilai Impedansi | 41 |
| 4.2.1 Perhitungan Impedansi Sisi 20 kV | 41 |
| 4.2.2 Perhitungan Impedansi Sisi 150 kV | 47 |
| 4.2.3 Perhitungan Arus Hubung Singkat | 40 |
| 4.3.1 Sisi 20 kV | 48 |
| 4.3.1 Sisi 150 kV | 58 |
| 4.3.1 Sisi 150/20 kV | 59 |
| 4.3 Perhitungan dan Analisis | 62 |
| 4.3.1 Penyetelan Relai | 62 |
| 4.3.1.1 Relai Arus Lebih Sisi 20 kV | 62 |
| 4.3.1.2 Relai Hubung Tanah 20 kV | 64 |
| 4.3.1.3 Relai Arus Lebih Sisi 150 kV | 65 |

| | |
|-----------------------------------|----|
| 4.3.1.4 Relai Hubung Tanah 150 kV | 66 |
| 4.3.1.5 Relai Diferensial | 68 |
| 4.4 Pembahasan | 72 |

BAB 5. PENUTUP

| | |
|----------------|----|
| 5.1 Kesimpulan | 75 |
| 5.2 Saran | 75 |

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

| | |
|--------------|---|
| Lampiran I | Data-data GI Pauh Limo Padang |
| Lampiran II | Data-data setting proteksi transformator daya |
| Lampiran III | Single line GI Pauh Limo Padang |
| Lampiran IV | Surat penelitian |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1 Prinsip kerja transformator | 8 |
| Gambar 2.2 Transformator daya 60 MVA GI Pauh Limo | 9 |
| Gambar 2.3 Inti Besi | 10 |
| Gambar 2.4 Kumparan transformator | 11 |
| Gambar 2.5 Minyak isolasi transformator | 11 |
| Gambar 2.6 Bushing transformator | 12 |
| Gambar 2.7 Tangki konservator | 12 |
| Gambar 2.8 Silicagel | 14 |
| Gambar 2.9 Karakteristik waktu kerja <i>OCR</i> waktu seketika | 19 |
| Gambar 2.10 Karakteristik waktu kerja <i>OCR</i> waktu tertentu | 20 |
| Gambar 2.11 Karakteristik waktu kerja <i>OCR</i> waktu terbalik | 22 |
| Gambar 2.12 Prinsip kerja relai diferensial | 23 |
| Gambar 2.13 Relai diferensial jika terjadi gangguan didalam daerah Pengaman | 24 |
| Gambar 2.14 Relai diferensial jika terjadi gangguan diluar daerah Pengaman | 25 |
| Gambar 3.1 Diagram garis sistem proteksi transformator | 31 |
| Gambar 3.2 Diagram alir penelitian | 32 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 1. Hubungan CT pada transformator daya dengan ACT | 27 |
| Tabel 2. Data besaran arus dan impedansi | 40 |
| Tabel 3. Data tiap penyulang GI Pauh Limo | 40 |
| Tabel 4. Data penyulang BLKI, Kandis dan Unand | 41 |
| Tabel 5. Data penyulang Teluk Bayur-1 | 41 |
| Tabel 6. Data penyulang Koto Tingga dan Teluk Bayur-2 | 41 |
| Tabel 7. Penyulang dengan penghantar A3C luas penampang 3x150 mm^2 | 46 |
| Tabel 8. Penyulang dengan penghantar A3C luas penampang 3x150 mm^2 | 46 |
| Tabel 9. Penyulang dengan penghantar A3C luas penampang 3x150 mm^2 | 46 |
| Tabel 10. Arus gangguan pada penyulang Kuranji | 55 |
| Tabel 11. Arus gangguan pada penyulang Koto Tingga | 56 |
| Tabel 12. Arus gangguan pada penyulang Teluk Bayur-2 | 56 |
| Tabel 13. Arus gangguan pada penyulang Teluk Bayur-1 | 56 |
| Tabel 14. Arus gangguan pada penyulang BLKI | 57 |
| Tabel 15. Arus gangguan pada penyulang Kandis | 57 |
| Tabel 16. Arus gangguan pada penyulang Unand | 57 |
| Tabel 17. Data impedansi hasil perhitungan | 58 |
| Tabel 18. Hasil perhitungan arus gangguan 150 kV | 59 |
| Tabel 19. Hasil perhitungan arus gangguan 150/20 kV | 59 |
| Tabel 20. Perbandingan kondisi OCR sisi incoming 20 kV | 72 |
| Tabel 21. Perbandingan kondisi OCR sisi 150 kV | 73 |
| Tabel 22. Perbandingan kondisi GFR sisi incoming 20 kV | 73 |
| Tabel 23. Perbandingan kondisi GFR sisi 150 kV | 73 |
| Tabel 24. Hasil perhitungan setting relai diferensial | 74 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT. PLN (Persero) adalah perusahaan milik negara yang diberi wewenang untuk menangani masalah kelistrikan di Indonesia, sehingga memegang peranan yang sangat penting dalam menjamin kualitas kelistrikan dan memberikan pelayanan terbaik, mulai dari penyediaan daya listrik, penyaluran dari pusat pembangkit ke pusat-pusat beban, sampai dengan pendistribusiannya ke pihak pelanggan. Dalam penyaluran tenaga listrik dari pembangkit ke beban harus digunakan sistem penyaluran yang memiliki efisiensi yang tinggi. GI merupakan salah satu sistem penyaluran dimana keandalan untuk penyaluran listrik sangat diperlukan untuk menunjang kelancaran pemakaian energi listrik pada konsumen. Salah satu peralatan yang sangat penting peranannya dalam penyaluran energi listrik adalah transformator daya yang merupakan peralatan terpenting pada suatu sistem transmisi dan distribusi tenaga listrik yang berfungsi mengubah tegangan bolak-balik dari suatu harga tegangan ke harga tegangan yang lain.

Transformator adalah peralatan gardu induk yang paling mahal harganya dan merupakan peralatan yang sangat vital. Apabila transformator mendapat gangguan atau dalam kondisi abnormal, dapat terjadi penghentian penyaluran tenaga listrik sementara yang tidak terduga yang akan menimbulkan kerugian pada PLN maupun konsumen tenaga listrik tersebut. Dengan terganggunya aktifitas yang dikerjakan, Oleh karena itu, perlindungan terhadap transformator dari berbagai macam gangguan yang mungkin terjadi perlu diperhatikan, sehingga kontinuitas pelayanan energi listrik juga tetap terjamin. Transformator daya membutuhkan tipe proteksi yang berbeda-beda.

Proteksi pada transformator disediakan oleh berbagai jenis relay, baik elektromagnetik maupun statik. Secara umum proteksi transformator berfungsi untuk memproteksi transformator apabila terjadi gangguan, sehingga transformator dapat terhindar dari kerusakan. Maka penelitian ini membahas tentang “relai proteksi seperti relai arus lebih, relai hubung tanah dan relai

differential yang digunakan untuk mendeteksi gangguan dan sistem kerja proteksi yang digunakan pada transformator daya 60 MVA Gardu Induk Pauh Limo.”

1.2 Defenisi Masalah

Di dalam penelitian ini ialah mengidentifikasi gangguan yang terjadi pada transformator daya yang diakibatkan oleh arus hubung singkat kemudian menentukan setting waktu dan besar nilai arus gangguan pada peralatan proteksi seperti, relai arus lebih, relai hubung tanah dan relai differensial yang bekerja pada transformator daya 60 MVA Gardu Induk Pauh Limo.

1.3 Batasan Masalah

Agar ruang lingkup permasalahan terfokus pada objek penelitian, batasan yang dilakukan adalah :

- a. Jenis relai yang dibahas adalah relai arus lebih, relai hubung tanah dan relai differensial yang terpasang pada transformator daya 60 MVA Gardu Induk Pauh Limo.
- b. Berapa besar nilai setting dari relai arus lebih dan relai hubung tanah pada sisi incoming 20 kV dan sisi 150 kV serta, relai differensial yang terpasang pada transformator daya 60 MVA Gardu Induk Pauh Limo.
- c. Melakukan evaluasi pada nilai setting sistem proteksi tersebut.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Menghitung arus gangguan hubung singkat pada distribusi 150/20 kV.
2. Menentukan penyetelan relai arus lebih, relai hubung tanah dan relai differensial pada transformator daya 60 MVA Gardu Induk Pauh Limo.
3. Mengevaluasi waktu kerja relai dengan cara membandingkan hasil perhitungan relai arus lebih, relai hubung tanah dan relai differensial yang didapat dengan keadaan dilapangan.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Manfaat evaluasi sistem proteksi pada transformator daya adalah sebagai masukan untuk penyettingan relai arus lebih, relai hubung tanah dan relai differensial.
2. Manfaat evaluasi sistem proteksi pada transformator daya bagi PLN adalah untuk mengetahui apakah nilai setting relai pada trafo daya gardu induk pauh limo masih sesuai dengan standarisasinya (IEEE dan IEC).
3. Manfaat evaluasi sistem proteksi pada transformator daya bagi ilmu pengetahuan adalah sebagai landasan dalam bidang kelayakan peralatan proteksi.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi ini dibagi ke dalam lima bab dengan sistematika sebagai berikut :

1. Bab I Pendahuluan

Bab ini berisikan tentang latar belakang penelitian, tinjauan pustaka, tujuan penelitian, masalah penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

2. Bab II Tinjauan Penelitian

Bab ini berisikan teori tentang teori yang dibutuhkan untuk menyelesaikan tugas akhir ini yang berupa teori sistem proteksi, transformator, gardu induk, relai arus lebih, relai hubung tanah dan relai differensial.

3. Bab III Metodologi Penelitian

Bab ini berisikan data – data peralatan yang dibutuhkan untuk melakukan evaluasi sistem proteksi pada transformator daya meliputi data trafo, impedansi, data relai arus lebih, relai hubung tanah, relai differensial dan gambar diagram garis tunggal (*single line diagram*), serta penguraian tentang metodologi yang digunakan dalam menganalisa data tersebut.

4. Bab IV Analisis Hasil dan Pembahasan

Bab ini membahas tentang evaluasi sistem proteksi pada transformator daya 60 MVA GI Pauh Limo Tragi Padang.

5. Bab V Penutup

Bab terakhir ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian dan saran yang disampaikan berdasarkan hasil analisis dan pembahasan dari penelitian ini.