

LAPORAN TUGAS AKHIR

**ANALISIS PENGARUH PEMASANGAN *DIRECTIONAL*
OVERCURRENT RELAY PADA KUBIKEL 20 kV
PELANGGAN *SPOTLOAD* TERHADAP KEANDALAN
SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK**

**Diajukan guna melengkapi sebagian syarat dalam mencapai
gelar sarjana Strata Satu (S1)**



Disusun Oleh

Nama : Muhammad Said

N.I.M : 41419110162

Pembimbing : Freddy Artadima Silaban, S.Kom., MT

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MERCUBUANA

JAKARTA

2021

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS PENGARUH PEMASANGAN *DIRECTIONAL*
OVERCURRENT RELAY PADA KUBIKEL 20 kV
PELANGGAN *SPOTLOAD* TERHADAP KEANDALAN
SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK**



Disusun Oleh

Nama : Muhammad Said

N.I.M. : 41419110162

Program Studi : Teknik Elektro

MENGETAHUI

Mengetahui,
Pembimbing Tugas Akhir

(Freddy Artadima Silaban, S.Kom., MT)

Kaprodi Teknik Elektro

Koordinator Tugas Akhir

(Dr. Setiyo Budiyanto, ST, MT)

(Muhammad Hafid Ibnu Hajar, ST, M.Sc)

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Muhammad Said
NIM : 41419110162
Program Studi : S1 Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Judul Tugas Akhir : Analisis Pengaruh Pemasangan *Directional Overcurrent Relay* Pada Kubikel 20 kV Pelanggan *Spotload* Terhadap Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.

Jakarta, 06 Februari 2021



(Muhammad Said)

ABSTRAK

Dalam sistem distribusi tenaga listrik terdapat beberapa konfigurasi jaringan, salah satunya yaitu konfigurasi jaringan pelanggan *spotload*, yang mana pada pelanggan *spotload* ini memiliki pelanggan dengan daya terpasang di atas 8 MVA sehingga perlu diperhatikan secara khusus keandalannya karena akan menyumbang penjualan energi yang besar.

Permasalahannya adalah pada umumnya kubikel gardu *spotload* yang konstruksi kubikelnya sudah menggunakan kubikel tipe *Circuit Breaker (CB)*, namun rele proteksinya sebatas *OCR* dan *GFR*. Kondisi jaringan *spotload* seperti ini belum andal, karena jika terjadi gangguan di jaringan maka akan menyebabkan semua penyulang *spotload* trip yang mengakibatkan pelanggan padam pada penyulang secara keseluruhan. maka perlu dilakukan pemasangan *Directional Overcurrent Relay* atau rele arah arus lebih pada kubikel Gardu Induk penyulang pelanggan *spotload* dan dianalisis pengaruhnya terhadap keandalan sistem distribusi tenaga listrik.

Berdasarkan hasil analisis perhitungan dan pengujian maka didapat dengan *setting* rele arah arus lebih sebesar $I_{primer} = 300 \text{ A}$, $I_{sekunder} = 4 \text{ A}$, $t_d = 0 \text{ s}$, $TMS = 0.05$, dan $\varphi = 90^\circ$ telah mampu bekerja sesuai dengan yang diharapkan dan mampu menghemat energi yang tidak terjual sebesar Rp 24.746.620,00, indeks SAIDI = 4 menit/pelanggan, dan indeks SAIFI = 4 pelanggan/tahun.

Kata Kunci : Rele Arah Arus Lebih, OCR, GFR Spotload, Penyulang



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

ABSTRACT

In the power distribution system, there are several network configurations, one of which is spotload customer *network configuration*, which in *this spotload* customer has customers with power installed above 8 MVA so it is necessary to pay special attention to its reliability because it will contribute a large energy sale.

The problem is that there are generally cubicles of *spotload substations* whose cubicle construction already uses circuit breaker type *cubicles (CB)*, but the protection rele limited to *OCR* and *GFR*. *Spotload network condition* like this is notreliable, karena if there is a disruption in the network it will causeall *spotload* trip uploaders that cause customers to outage on the supplier. it is necessary to install *Directional Overcurrent Relay* on the cubicle of the *Main Substation of spotload customer supplier* and analyze its effect on the reliability of the power distribution system.

Based on the results of calculation analysis and testing, it is *obtained* by setting the current direction rele more than $I_{primer} = 300 \text{ A}$, $I_{secondary} = 4 \text{ A}$, $t_d = 0\text{s}$, $TMS = 0.05$, and $\varphi = 90^0$ has been able to work as expected and able to save unsold energy of Rp 24,746,620.00, SAIDI index = 4 minutes / customer, and SAIFI index = 4 customers / year.

Keywords: Directional Overcurrent Relay, OCR, GFR Spotload, Supplier



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR ISI

| | Hal |
|--|------|
| HALAMAN PENGESAHAN | iii |
| HALAMAN PERNYATAAN | iii |
| ABSTRAK | ivv |
| ABSTRACT | v |
| DAFTAR ISI | vii |
| DAFTAR TABEL | ixx |
| DAFTAR GAMBAR | x |
| DAFTAR SIMBOL | xii |
| DAFTAR SINGKATAN | xiii |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 2 |
| 1.4 Batasan Masalah | 3 |
| 1.5 Metodologi Penelitian | 3 |
| 1.6 Sistematika Penulisan | 3 |
| BAB II LANDASAN TEORI | 5 |
| 2.1 Tinjauan Pustaka | 5 |
| 2.2 Teori Pendukung | 15 |
| 2.2.1 <i>Directional Overcurrent Relay</i> | 15 |
| 2.2.2 Penyetelan <i>Directional Over Current Relay</i> | 16 |
| 2.2.3 Penyetelan <i>Pickup Setting</i> | 16 |
| 2.2.4 Time Dial Setting | 17 |
| 2.2.5 Karakteristik Rele Arus Lebih | 18 |
| 2.2.6 Rele MICOM P127 | 20 |
| 2.2.7 Jenis-jenis Kubikel | 21 |
| 2.2.8 Bagian-bagian dari Konstruksi Kubikel | 24 |
| 2.2.9 Konfigurasi Jaringan Distribusi Tegangan Menengah | 28 |
| 2.2.10 Indeks Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik | 32 |

| | |
|---|-----------|
| BAB III METODE PENELITIAN | 33 |
| 3.1 Perancangan Penelitian | 33 |
| 3.1.1 Studi Literatur | 33 |
| 3.1.2 Survei Lapangan | 33 |
| 3.1.3 Data Penelitian | 33 |
| 3.1.4 Data Trafo | 36 |
| 3.1.5 Data Penyulang | 36 |
| 3.1.6 Diagram Alir Penelitian | 37 |
| 3.2 Teknik Analisis | 40 |
| 3.2.1 Perhitungan Aliran Daya..... | 40 |
| 3.2.2 Metode Newton Raphson..... | 41 |
| 3.2.3 Aplikasi Metode <i>Newton-Raphson</i> Pada Aliran Daya..... | 42 |
| 3.2.4 Aliran Daya Pada Saluran dan Daya <i>Slack Bus</i> | 44 |
| 3.2.5 <i>Short Circuit</i> Analisis..... | 45 |
| 3.2.6 <i>Setting Directional Overcurrent Relay</i> | 48 |
| 3.2.7 Aplikasi <i>ETAP 12.6</i> | 49 |
| 3.2.8 Perhitungan Pengaruh Pemasangan Rele Arah Arus Lebih.. | 50 |
| 3.3 Perhitungan Hubung Singkat | 52 |
| 3.3.1 Impedansi Sumber..... | 52 |
| 3.3.2 Arus Nominal Trafo..... | 53 |
| 3.3.3 Impedansi Penyulang..... | 53 |
| 3.3.4 Menghitung Impedansi Ekuivalen Jaringan..... | 55 |
| 3.3.5 Menghitung Arus Hubung Singkat | 56 |
| 3.4 Penentuan <i>Setting</i> Rele Arus Lebih | 59 |
| 3.5 Penentuan <i>Setting</i> Rele Arah Arus Lebih | 60 |
| 3.6 Penentuan <i>Setting</i> Rele Gangguan Tanah..... | 61 |
| 3.7 Perhitungan Pengujian Rele di Penyulang dan Gardu TT22 | 62 |
| 3.7.1 Pengujian Rele Arus Lebih di Penyulang | 62 |
| 3.7.2 Pengujian Rele Gangguan Tanah di Penyulang..... | 63 |
| 3.7.3 Pengujian Rele Arus Lebih di Gardu TT22 | 64 |
| 3.7.4 Pengujian Rele Gangguan Tanah di Gardu TT22..... | 64 |

| | | |
|--|--|-----------|
| 3.8 | Analisis Pengaruh Pemasangan Rele Arah Arus Lebih..... | 65 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | | 67 |
| 4.1 | Simulasi Aliran Daya..... | 67 |
| 4.2 | Analisis Hubung Singkat | 68 |
| 4.3 | Setting Rele..... | 69 |
| 4.3.1 | Penggantian Kubikel dan Pemasangan Rele..... | 69 |
| 4.3.2 | Setting Rele di Penyulang MTA | 70 |
| 4.3.3 | Setting Rele di Gardu TT22 | 72 |
| 4.4 | Hasil Pengujian Rele..... | 73 |
| 4.4.1 | Pengujian Berbasis Aplikasi ETAP | 73 |
| 4.4.2 | Pengujian Rele di Penyulang MTA | 75 |
| 4.4.3 | Pengujian Rele di Gardu TT22 | 75 |
| 4.5 | Analisis Pengaruh Pemasangan Rele Arah Arus Lebih..... | 75 |
| BAB V PENUTUP..... | | 77 |
| 5.1 | Kesimpulan | 77 |
| 5.2 | Saran | 77 |
| Daftar Pustaka..... | | 79 |
| Lampiran-Lampiran..... | | 82 |


 UNIVERSITAS
 MERCU BUANA

DAFTAR TABEL

| | Hal |
|---|-----|
| Tabel 2.1. Penelitian sebelumnya..... | 11 |
| Tabel 2.2. Faktor α dan β Pada Karakteristik <i>Inverse Time</i> | 18 |
| Tabel 2.3 Standar Indeks Keandalan..... | 32 |
| Tabel 3.1. Data Gangguan Pada GI Grogol Penyulang MTA..... | 34 |
| Tabel 3.2 Data Trafo | 36 |
| Tabel 3.3 Data Penyulang | 36 |
| Tabel 3.4 Impedansi Penghantar di SPLN 64 | 36 |
| Tabel 3.5. Impedansi Penyulang (Z_1 & Z_2) | 54 |
| Tabel 3.6. Impedansi Penyulang (Z_0)..... | 55 |
| Tabel 3.7. Impedansi Z_1 eq (Z_2 eq)..... | 55 |
| Tabel 3.8. Impedansi Z_0 eq..... | 56 |
| Tabel 3.9. Arus Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa | 57 |
| Tabel 3.10. Arus Gangguan Hubung Singkat 2 Fasa | 57 |
| Tabel 3.11. Arus Hubung Singkat Fasa ke Tanah..... | 58 |
| Tabel 3.12. Besar arus gangguan 3 fasa dan sudut fasa..... | 60 |
| Tabel 3.13. Perhitungan <i>Energy Not Sales</i> (ENS) | 66 |
| Tabel 4.1. Hasil Perhitungan Arus Hubung Singkat..... | 68 |
| Tabel 4.2. Setting Rele di Penyulang MTA | 70 |
| Tabel 4.3. Hasil Setting Rele di Gardu TT22..... | 72 |
| Tabel 4.4. Hasil Uji Rele di Penyulang MTA | 75 |
| Tabel 4.5. Hasil Uji Rele di Gardu TT22..... | 75 |
| Tabel 4.6. Indeks Keandalan SAIDI dan SAIFI 2019-2020 | 76 |

DAFTAR GAMBAR

| | Hal |
|--|-----|
| Gambar 2.1. Contoh Diagram Vektor <i>Rele Directional</i> | 16 |
| Gambar 2.2. Kurva <i>Instantaneous Relay</i> | 19 |
| Gambar 2.3. Kurva <i>Definite Time</i> | 19 |
| Gambar 2.4. Kurva <i>Inverse Time Relay</i> | 20 |
| Gambar 2.5. Rele Proteksi MICOM P127 | 20 |
| Gambar 2.6. Simbol Diagram Kubikel PMS | 21 |
| Gambar 2.7. Simbol Diagram Kubikel PMT | 21 |
| Gambar 2.8. Simbol Diagram Kubikel <i>LBS</i> | 22 |
| Gambar 2.9. Simbol Diagram Kubikel CB Out Metering (PMT)..... | 22 |
| Gambar 2.10. Simbol Diagram Kubikel TP..... | 23 |
| Gambar 2.11. Simbol diagram Kubikel PT..... | 24 |
| Gambar 2.12. Simbol diagram Kubikel Outgoing..... | 24 |
| Gambar 2.13. Rel/Busbar | 25 |
| Gambar 2.14. Jaringan Distribusi Radial | 28 |
| Gambar 2.15. Sistem Jaringan Distribusi Loop | 30 |
| Gambar 2.16. <i>Sistem Jaringan Distribusi Spindel</i> | 31 |
| Gambar 3.1. <i>Single Line Diagram</i> Penyulang MTA..... | 35 |
| Gambar 3.2 Flowchart Identifikasi Masalah..... | 37 |
| Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian | 38 |
| Gambar 3.4 Gangguan Arus Hubung Singkat 1 fasa ke tanah..... | 47 |
| Gambar 3.5 Gangguan Arus Hubung Singkat 3 fasa | 48 |
| Gambar 3.6 <i>Wiring diagram relay</i> | 48 |
| Gambar 3.7. <i>Single line diagram</i> GI Grogol pelanggan <i>spotload</i> | 50 |
| Gambar 4.1. Simulasi Sebelum Pemasangan Rele..... | 68 |
| Gambar 4.2. Penggantian Kubikel | 70 |
| Gambar 4. 3. Penginputan <i>Setting</i> Rele di penyulang..... | 71 |
| Gambar 4.4. Setting Rele Gardu TT22 | 73 |
| Gambar 4.5. Simulasi Setelah Pemasangan Rele..... | 74 |
| Gambar 4.6. Hasil Pengujian Uji Trip | 74 |

DAFTAR SIMBOL

| Simbol | Keterangan |
|-----------|-----------------------------------|
| φ | Sudut Fasa |
| β | Faktor pada karakteristik inverse |
| α | Faktor pada karakteristik inverse |



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR SINGKATAN

| Singkatan | Keterangan |
|-------------|--------------------------------------|
| <i>DOCR</i> | <i>Directional Overcurrent Relay</i> |
| <i>OCR</i> | <i>Over Current Relay</i> |
| <i>GFR</i> | <i>Ground Fault Relay</i> |
| <i>LBS</i> | <i>Load Breaker Switch</i> |
| <i>CBO</i> | <i>Circuit Breaker Outgoing</i> |
| <i>CB</i> | <i>Circuit Breaker</i> |
| <i>OLF</i> | <i>Over Load Factor</i> |
| <i>CT</i> | <i>Current Transformer</i> |
| <i>ENS</i> | <i>Energy Not Sale</i> |
| <i>PMT</i> | <i>Pemutus</i> |
| <i>PMS</i> | <i>Pemisah</i> |