

## DAFTAR ISI

|  |             |
|--|-------------|
| <b>TUGAS AKHIR.....</b>                                  | <b>i</b>    |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>                            | <b>ii</b>   |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN PERUSAHAAN.....</b>                 | <b>iii</b>  |
| <b>LEMBAR PERNYATAAN .....</b>                           | <b>iv</b>   |
| <b>ABSTRAK .....</b>                                     | <b>v</b>    |
| <b>ABSTRACT .....</b>                                    | <b>vi</b>   |
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>                               | <b>vii</b>  |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>                                   | <b>ix</b>   |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>                                | <b>xii</b>  |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                                | <b>xiii</b> |
| <b>DAFTAR PERSAMAAN.....</b>                             | <b>xiv</b>  |
| <b>BAB I.....</b>  | <b>1</b>    |
| <b>PENDAHULUAN .....</b>                                 | <b>1</b>    |
| 1.1    Latar Belakang .....                              | 1           |
| 1.2    Rumusan Masalah .....                             | 2           |
| 1.3    Tujuan Penelitian.....                            | 3           |
| 1.4    Batasan Masalah.....                              | 3           |
| 1.5    Manfaat Penelitian.....                           | 4           |
| 1.5.1    Manfaat Ilmiah .....                            | 4           |
| 1.5.2    Manfaat Praktis .....                           | 4           |
| 1.6    Posisi Penelitian( <i>State of the Art</i> )..... | 4           |
| 1.7    Sistematika Penulisan .....                       | 6           |
| <b>BAB II .....</b>                                      | <b>7</b>    |
| <b>TINJAUAN PUSTAKA.....</b>                             | <b>7</b>    |
| 2.1    Sistem Tenaga Listrik .....                       | 7           |
| 2.2    Skema Distribusi Tenaga Listrik .....             | 10          |
| 2.3    Konfigurasi Jaringan Distribusi.....              | 10          |
| 2.4    Gangguan .....                                    | 13          |
| 2.4.1    Penyebab Gangguan .....                         | 14          |
| 2.4.2    Klasifikasi gangguan .....                      | 15          |
| 2.4.3    Gangguan Hubung Singkat .....                   | 16          |

|  |  |           |
|--|--|-----------|
| 2.4.4                                  | Komponen simetris.....   | 17        |
| 2.4.5                                  | Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat .....                         | 19        |
| 2.5                                    | Sistem Proteksi .....  | 20        |
| 2.5.1                                  | Persyaratan dalam Sistem Proteksi.....                                 | 20        |
| 2.5.2                                  | Zona Proteksi .....  | 21        |
| 2.5.3                                  | Skema Proteksi Sistem .....  | 22        |
| 2.5.4                                  | Penentuan Skema Proteksi.....  | 24        |
| 2.5.5                                  | Peralatan Sistem Proteksi.....   | 24        |
| 2.5.6                                  | Relai Arus Lebih .....   | 28        |
| 2.6                                    | Pemeliharaan Relai Proteksi .....                                      | 31        |
| 2.7                                    | <i>IEC 60255 Standard</i> .....  | 32        |
| <b>BAB III</b>                         | .....  | <b>34</b> |
| <b>METODOLOGI PENELITIAN</b>           | .....  | <b>34</b> |
| 3.1                                    | Pendahuluan .....  | 34        |
| 3.1                                    | Pemilihan Lokasi <i>Feeder</i> .....                                   | 35        |
| 3.2                                    | Pengumpulan Data Teknis <i>Over Current Relay (OCR)</i> .....          | 36        |
| 3.3                                    | Perhitungan <i>Setting Over Current Relay (OCR)</i> .....              | 36        |
| 3.4                                    | Evaluasi <i>Setting Over Current Relay</i> milik PT.PLN (Persero)..... | 40        |
| 3.5                                    | Hasil Analisis Perbandingan .....                                      | 41        |
| <b>BAB IV</b>                          | .....  | <b>42</b> |
| <b>KARAKTERISTIK SUMBER DAN FEEDER</b> | .....  | <b>42</b> |
| 4.1                                    | Kapasitas Transformator-4 di GI Ujungberung .....                      | 42        |
| 4.2                                    | <i>Feeder</i> Ujungberung Zipur Coklat (UZC) .....                     | 43        |
| 4.3                                    | <i>Over Current Relay (OCR)</i> di <i>Feeder</i> UZC.....              | 45        |
| <b>BAB V</b>                           | .....  | <b>47</b> |
| <b>ANALISIS DAN PEMBAHASAN</b>         | .....  | <b>47</b> |
| 5.1                                    | Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat .....                         | 47        |
| 5.1.1                                  | Perhitungan Impedansi Sumber .....                                     | 47        |
| 5.1.2                                  | Perhitungan Reaktansi Trafo .....                                      | 48        |
| 5.1.3                                  | Perhitungan Impedansi Penyulang .....                                  | 49        |
| 5.1.4                                  | Perhitungan Impedansi Ekuivalen Jaringan.....                          | 50        |
| 5.1.5                                  | Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat .....                         | 51        |

|                       |  |           |
|-----------------------|--|-----------|
| 5.2                   | Perhitungan <i>Setting Over Current Relay</i> (OCR).....   | 55        |
| 5.2.1                 | Perhitungan <i>Setting Over Current Relay</i> (OCR) sisi <i>Feeder</i> 20 kV   | 55        |
| 5.2.3                 | Perhitungan <i>Setting Over Current Relay</i> (OCR) sisi <i>Incoming</i> 20 kV<br>.....  | 57        |
| 5.3                   | Perhitungan <i>Setting TMS</i> ( <i>Time Multiple Setting</i> ) <i>Over Current Relay</i><br>(OCR).....                                    | 58        |
| 5.3.1                 | Perhitungan <i>Setting TMS</i> ( <i>Time Multiple Setting</i> ) <i>Over Current</i><br><i>Relay</i> (OCR) sisi <i>Feeder</i> 20 kV .....   | 58        |
| 5.3.2                 | Perhitungan <i>Setting TMS</i> ( <i>Time Multiple Setting</i> ) <i>Over Current</i><br><i>Relay</i> (OCR) sisi <i>Incoming</i> 20 kV ..... | 60        |
| 5.4                   | Analisis Perbandingan TMS antara hasil perhitungan dengan Utiliti ....   | 61        |
| 5.5                   | Analisis Perbandingan <i>Setting</i> Arus hasil perhitungan dengan Utiliti ...   | 63        |
| <b>BAB VI</b>         | .....  | <b>65</b> |
| <b>KESIMPULAN</b>     | .....  | <b>65</b> |
| 6.1                   | Kesimpulan .....   | 65        |
| 6.2                   | Saran .....  | 66        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b> | .....  | <b>67</b> |
| <b>LAMPIRAN</b>       | .....  | <b>70</b> |



## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| <b>Gambar 2.1</b> <i>Single Line Diagram</i> Sistem Tenaga Listrik[10] .....                    | 7  |
| <b>Gambar 2.2</b> Skema sistem distribusi tenaga listrik[10] .....                              | 10 |
| <b>Gambar 2.3</b> Konfigurasi Jaringan Radial[9] .....  | 11 |
| <b>Gambar 2.4</b> Konfigurasi Jaringan <i>Tie Line</i> [9] .....                                | 11 |
| <b>Gambar 2.5</b> Konfigurasi <i>Jaringan Loop</i> [9] .....                                    | 12 |
| <b>Gambar 2.6</b> Konfigurasi Jaringan <i>Spindel</i> [9].....                                  | 13 |
| <b>Gambar 2.7</b> Konfigurasi Jaringan <i>Cluster</i> <sup>[9]</sup> .....                      | 13 |
| <b>Gambar 2.8</b> Komponen simetris[1] .....  | 17 |
| <b>Gambar 2.9</b> Pembagian seksi-seksi jaringan distribusi[9] .....                            | 19 |
| <b>Gambar 2.10</b> Zona Proteksi Sistem Tenaga Listrik[12] .....                                | 21 |
| <b>Gambar 2.11</b> Pembagian Zona Proteksi[12] .....  | 22 |
| <b>Gambar 2.12</b> Macam-macam <i>current transformer</i> [9] .....                             | 25 |
| <b>Gambar 2.13</b> <i>Potential Transformer</i> [9] .....                                       | 26 |
| <b>Gambar 2.14</b> Relai Arus Lebih[9] .....  | 26 |
| <b>Gambar 2.15</b> Pemutus Tenaga ( <i>Circuit Breaker</i> ) [9] .....                          | 27 |
| <b>Gambar 2.16</b> <i>Fuse Cut Out</i> dan <i>Fuse Link</i> [17] .....                          | 27 |
| <b>Gambar 2.17</b> Peralatan penunjang sistem proteksi[9] .....                                 | 28 |
| <b>Gambar 2.18</b> Kurva Karakteristik Relai Waktu Seketika ( <i>Instantaneous</i> ) [12]... 29 |    |
| <b>Gambar 2.19</b> Kurva Karakteristik Relai Waktu tertentu ( <i>Definite</i> )[12] .....       | 30 |
| <b>Gambar 2.20</b> Kurva Karakteristik Relai Waktu Terbalik ( <i>Inverse</i> ) [12] .....       | 30 |
| <b>Gambar 3.1</b> Bagan Tahapan Penelitian.....   | 34 |
| <b>Gambar 4.1.</b> Transformator tenaga di GI Ujungberung.....                                  | 42 |
| <b>Gambar 4.2</b> <i>Single Line Diagram</i> penyulang UZC[19].....                             | 44 |
| <b>Gambar 4.3</b> Relai arus lebih AREVA P123 .....   | 45 |
| <b>Gambar 5.1</b> <i>Single Line Diagram</i> Jaringan Distribusi.....                           | 47 |
| <b>Gambar 5.2</b> Grafik Arus gangguan hubung singkat di sepanjang saluran.....                 | 54 |
| <b>Gambar 5.3</b> Grafik Batas <i>Setting</i> Arus Relai Arus Lebih di penyulang UZC .....      | 64 |

## DAFTAR TABEL

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabel 1.1</b> State Of The Art (Posisi Penelitian).....   | 4  |
| <b>Tabel 2.1.</b> Periode pemeliharaan relai proteksi[19] .....                                    | 31 |
| <b>Tabel 2.2.</b> Persamaan setting relai arus lebih[18] .....                                     | 33 |
| <b>Tabel 3.1.</b> Gangguan penyulang 20 KV di Gardu Induk Ujungberung Bandung 2013[19] .....       | 35 |
| <b>Tabel 3.2</b> Kontanta rumus TMS berdasarkan Standar IEC 60255 .....                            | 40 |
| <b>Tabel 4.1</b> Rating Trafo-4 Gardu Induk Ujungberung[19] .....                                  | 43 |
| <b>Tabel 4.2.</b> Data Kawat Penghantar Feeder UZC[19] .....                                       | 44 |
| <b>Tabel 4.3</b> Rating Relai OCR Incoming 20 kV[19].....  | 46 |
| <b>Tabel 4.4</b> Data Relai OCR Feeder 20 kV[19].....  | 46 |
| <b>Tabel 5.1</b> Impedansi Saluran urutan positif .....  | 49 |
| <b>Tabel 5.2</b> Impedansi Saluran urutan nol .....  | 50 |
| <b>Tabel 5.3</b> Impedansi Ekuivalen Saluran urutan positif .....                                  | 50 |
| <b>Tabel 5.4</b> Impedansi Ekuivalen Saluran urutan nol .....                                      | 51 |
| <b>Tabel 5.5</b> Arus gangguan hubung singkat 3 fasa .....   | 52 |
| <b>Tabel 5.6</b> Arus gangguan hubung singkat 2 fasa .....   | 52 |
| <b>Tabel 5.7</b> Arus gangguan hubung singkat 1 fasa .....   | 53 |
| <b>Tabel 5.8</b> Arus gangguan hubung singkat 3 fasa,2 fasa, dan 1 fasa .....                      | 53 |
| <b>Tabel 5.9</b> Arus gangguan hubung singkat 3 fasa,2 fasa, dan 1 fasa milik Utiliti[19] .....    | 54 |
| <b>Tabel 5.10</b> Perbandingan Nilai TMS hasil perhitungan dan hasil Utiliti/PT.PLN(Persero) ..... | 61 |
| <b>Tabel 5.11</b> Perbandingan Nilai TMS hasil perhitungan dan hasil Utiliti/PT.PLN(Persero) ..... | 62 |
| <b>Tabel 5.12</b> Perbandingan Arus Batas Setting hasil perhitungan dengan hasil Utiliti .....     | 63 |

## DAFTAR PERSAMAAN

|  |    |
|--|----|
| <b>Persamaan (2.1)</b> Persamaan Operator Fasor $a$                                | 18 |
| <b>Persamaan (2.2)</b> Persamaan Operator Fasor $a^2$                              | 18 |
| <b>Persamaan (2.3)</b> Persamaan Operator Fasor $a^3$                              | 18 |
| <b>Persamaan (2.4)</b> Persamaan Hubung singkat 3 fasa di titik sumber             | 19 |
| <b>Persamaan (2.5)</b> Persamaan Hubung singkat 3 fasa di 25% panjang saluran      | 19 |
| <b>Persamaan (2.6)</b> Persamaan Hubung singkat 3 fasa di 50% panjang saluran      | 19 |
| <b>Persamaan (2.7)</b> Persamaan Hubung singkat 3 fasa di 75% panjang saluran      | 19 |
| <b>Persamaan (3.1)</b> Persamaan Impedansi Sumber sisi primer trafo                | 36 |
| <b>Persamaan (3.2)</b> Persamaan Impedansi Sumber sisi sekunder trafo              | 36 |
| <b>Persamaan (3.3)</b> Persamaan Impedansi Trafo 100%                              | 37 |
| <b>Persamaan (3.4)</b> Persamaan Reaktansi Trafo                                   | 37 |
| <b>Persamaan (3.5)</b> Persamaan Reaktansi Trafo urutan nol                        | 37 |
| <b>Persamaan (3.6)</b> Persamaan Impedansi saluran urutan positif/negatif          | 37 |
| <b>Persamaan (3.7)</b> Persamaan Impedansi saluran urutan nol                      | 37 |
| <b>Persamaan (3.8)</b> Persamaan Impedansi ekivalen saluran urutan positif/negatif | 38 |
| <b>Persamaan (3.9)</b> Persamaan Impedansi ekivalen saluran urutan nol             | 38 |
| <b>Persamaan (3.10)</b> Persamaan gangguan hubung singkat 3 fasa                   | 38 |
| <b>Persamaan (3.11)</b> Persamaan gangguan hubung singkat 2 fasa                   | 38 |
| <b>Persamaan (3.12)</b> Persamaan gangguan hubung singkat 1 fasa                   | 38 |
| <b>Persamaan (3.13)</b> Persamaan <i>setting</i> arus <i>overcurrent relay</i>     | 39 |
| <b>Persamaan (3.14)</b> Persamaan <i>setting</i> waktu <i>overcurrent relay</i>    | 39 |
| <b>Persamaan (3.15)</b> Persamaan <i>setting</i> TMS <i>overcurrent relay</i>      | 40 |
| <b>Persamaan (5.1)</b> Persamaan daya hubung singkat sisi 150 KV                   | 47 |