



## **EVALUASI AKHIR SEMESTER**

# **Penentuan *Time Dial Setting* (TDS) pada jenis kurva *Extremely Inverse* Rele Arus Lebih pada Sistem Kelistrikan menggunakan *Multi-objective Genetic Algorithm***

Nama : xxxx  
NRP : 6022xxxxx  
Mata Kuliah : Pengaman Sistem Tenaga Listrik Cerdas  
Semester/Tahun : Genap/2021

Dosen Pengampu  
Dr. Ir. Margo Pujiantara, M.T.

BIDANG KEAHLIAN TEKNIK SISTEM TENAGA  
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI ELEKTRO DAN INFORMATIKA CERDAS  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2021

# Penentuan Time Dial Setting (TDS) pada Jenis Kurva *Extremely Inverse*

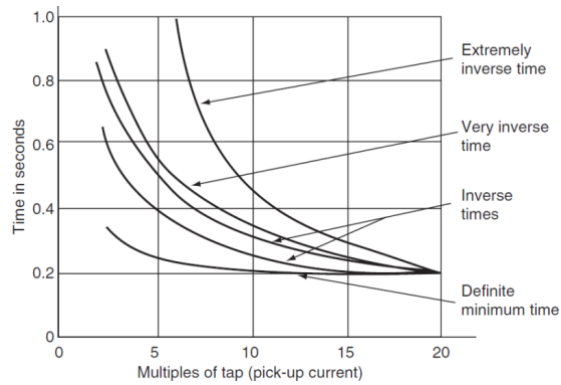
## Rele Arus Lebih

### A. Dasar Teori

Gangguan hubung singkat merupakan salah satu jenis gangguan yang menyebabkan terjadinya arus berlebih pada sistem kelistrikan. Gangguan hubung singkat terdiri dari 2 jenis yaitu hubung singkat simetri dan asimetri. Gangguan simetri ketika terjadi hubung singkat antara ketiga fasa. Gangguan asimetri terdiri dari gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah, hubung singkat 2 fasa, hubung singkat 2 fasa ke tanah, dan hubung singkat 3 fasa ke tanah. Gangguan hubung singkat ini dapat menyebabkan timbulnya arus gangguan yang besar sehingga perlu diantisipasi dengan memberikan proteksi rele pengaman pada sistem kelistrikan untuk menjaga keandalan sistem.

Rele proteksi merupakan salah satu peralatan proteksi untuk menjaga sistem kelistrikan dari gangguan yang mungkin terjadi. Kerusakan dan kerugian dapat diminisir ketika peralatan proteksi bekerja dengan baik. Pertimbangan pemilihan rele proteksi yang perlu dipertimbangkan adalah kemampuan operasi, selektivitas, simplisitas, dan keekonomisannya. Penanggulangan gangguan hubung singkat dilakukan dengan menggunakan rele proteksi arus lebih. Pengaturan rele arus lebih (rele 51) melalui penyesuaian kurva *inverse* dengan mengatur jenis kurva, arus *pickup* dan *time dial setting* (TDS) dengan ketentuan standar dalam IEEE std 242-2001, IEC 60255-3, dan British Standard 142 (BS 142).

Karakter kurva pengaman pada rele proteksi untuk menyesuaikan kecepatan pengaman gangguan. Hubungan pengaman pada kurva *inverse* adalah waktu operasi berbanding terbalik dengan besarnya arus gangguan. Semakin besar arus gangguan yang melalui rele, waktu pengaman akan semakin cepat. Pengaman kurva *inverse* dimulai pada setting arus *pickup*. Kurva *inverse* memiliki karakter berbeda-beda sesuai dengan manufakturnya. Kurva *inverse* pada beberapa manufaktur memiliki karakter definit yang disebut sebagai *Inverse Definite Minimum Time* (IDMT). IDMT bermakna kurva *inverse* memiliki batasan terhadap besarnya arus, sehingga ketika arus gangguan melebihi nilai tersebut waktu operasi rele akan menjadi definit atau tidak berubah berdasarkan arus gangguan. Jenis kurva *inverse* yang umum terdapat pada rele arus lebih dibedakan berdasarkan gradiennya. Jenis kurva tersebut antara lain *Extremely inverse*, *Very inverse*, dan *Standard inverse* yang ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1. Karakteristik kurva inverse**

Pengaturan pengamana rele arus lebih dengan menentukan parameter yang membentuk kurva *inverse*. Penentuan awal dari pengaturan rele adalah menentukan arus *pickup* rele yaitu arus minimal yang diamankan, dengan rumus sebagai berikut.

$$pickup\ rele = \frac{I_{pickup}}{Primer\ CT}$$

$I_{pickup}$  merupakan arus *pickup* yang diperoleh dari 1.05 – 1.4 dari *Full Load Ampere* (FLA) yaitu kemampuan maksimal aliran arus pada transformator. *Primer CT* merupakan nilai kumparan primer dari *Current Transformer* (CT).

Pengaturan selanjutnya adalah menentukan waktu operasi rele ketika terjadi gangguan arus lebih. Waktu operasi rele dapat disesuaikan sesuai dengan keperluan dengan memilih jenis kurva *inverse* yang digunakan dan parameter dari setiap kurva *inverse* ditunjukkan pada Tabel 1. Waktu operasi rele ( $t_{op}$ ) dapat diperoleh dengan mengatur nilai *time dial setting* (TDS) sesuai rumus berikut.

$$t_{op} = \frac{TDS \times k}{\left( \left( \frac{I}{I_{pickup}} \right)^{\alpha} - 1 \right) \times \beta}$$

$I$  merupakan arus gangguan yang melalui rele. Beberapa rele memiliki batas operasi kerja, namun kebanyakan batas kurva *inverse* adalah 20 kali dari arus *pickup*, artinya ketika arus gangguan melebihi batas tersebut, waktu operasi rele akan saturasi sesuai dengan 20 kali arus *pickup*.

**Tabel 1. Koefisien Kurva *Inverse* Rele Merin Gerin**

| Jenis Kurva              | Koefisien |         |       |
|--------------------------|-----------|---------|-------|
|                          | $\alpha$  | $\beta$ | $k$   |
| <i>Standard Inverse</i>  | 0,14      | 0,02    | 2,97  |
| <i>Very Inverse</i>      | 13        | 1       | 1,5   |
| <i>Long Time Inverse</i> | 120       | 1       | 13,3  |
| <i>Extremely Inverse</i> | 80        | 2       | 0,808 |
| <i>Ultra Inverse</i>     | 315,2     | 2,5     | 1     |

Koordinasi rele arus lebih memiliki waktu batasan kerja antar rele yang disebut *Coordination Time Interval* (CTI). Penentuan nilai CTI berasal dari selisih antara waktu operasi rele primer ( $t_{op} \text{ primer}$ ) dan waktu operasi rele sebagai *backup* ( $t_{op} \text{ backup}$ ) sesuai dengan persamaan berikut.

$$CTI = t_{op} \text{ primer} - t_{op} \text{ backup}$$

Penentuan CTI ini juga dengan mempertingkan sistem dan rekomendasi berdasarkan IEEE std 242-2001 dengan merinci waktu kerja dari komponen pendukung kinerja rele yang ditunjukkan pada Tabel 2. Sehingga berdasarkan rekomendasi tersebut, CTI minimum yang direkomendasikan untuk rele static sebesar 0,2 detik dan rele elektromekanik sebesar 0,3 detik.

**Tabel 2. Rekomendasi CTI minimum koordinasi rele**

| Komponen                               | Waktu (detik)  |        |
|--|----------------|--------|
|  | Elektromekanik | Statik |
| Waktu pembukaan <i>circuit breaker</i> | 0,08           | 0,08   |
| <i>Overtravel</i> pada rele            | 0,1            | 0      |
| Toleransi <i>error</i>                 | 0,12           | 0,12   |
| <b>Total CTI</b>                       | 0,3            | 0,2    |

## B. Metode Perhitungan nilai TDS

Metode penyelesaian penentuan nilai *time dial setting* (TDS) pada tugas kali ini menggunakan *artificial intelligent* dengan jenis *Multi-objective Genetic Algorithm*. Metode ini dipilih karena dapat menyelesaikan beberapa Fungsi Objektif dalam sekali *running*. Pertimbangannya dalam penyelesaian koordinasi, relay proteksi bekerja sebagai relay primer dan *backup* sehingga terbentuk 2 Fungsi Objektif. Penggunaan metode ini tidak memerlukan perubahan pada program yang terdapat didalamnya, cukup dengan memasukkan fungsi objektif dan *constraint* dari koordinasi rele. Proses optimisasi penyelesaian koordinasi relay dipaparkan melalui diagram alur sesuai dengan Gambar 2.

Penjelasan proses perhitungan TDS menggunakan *Multi-objective Genetic Algorithm* secara berurutan sebagai berikut.

- 1) Mengumpulkan data-data rele yang akan dikoordinasikan, yang meliputi parameter kurva *Extremely Inverse*, nama rele, tegangan operasi, FLA, Primer CT, arus *short circuit* maksimum primer dan sekunder, dan menentukan nilai kV *base*.
- 2) Menghitung nilai dari seluruh nilai dijadikan nilai *base*, disesuaikan melalui tegangan operasi dan tegangan kV *base*.
- 3) Membandingkan nilai arus *short circuit* terhadap arus saturasi, apabila arus *short circuit* melebihi arus saturasi, maka nilai arus yang dipilih adalah *short circuit* pada proses

perhitungan. Hal ini berlaku pada arus *short circuit* pada rele sebagai pengaman primer atau *backup*.

- 4) Menentukan fungsi objektif yang berasal dari rumus waktu operasi rele. Fungsi objektif ada 2 yaitu, fungsi objektif rele primer dan rele *backup*. Namun rumusnya dijadikan TDS yang dicari, seperti berikut.

$$TDS_{primer} = \frac{t_{op}primer \times \left( \left( \frac{I_{sc} primer}{I_{pickup}} \right)^{\alpha} - 1 \right) \times \beta}{k}$$

$$TDS_{backup} = \frac{t_{op}backup \times \left( \left( \frac{I_{sc} backup}{I_{pickup}} \right)^{\alpha} - 1 \right) \times \beta}{k}$$

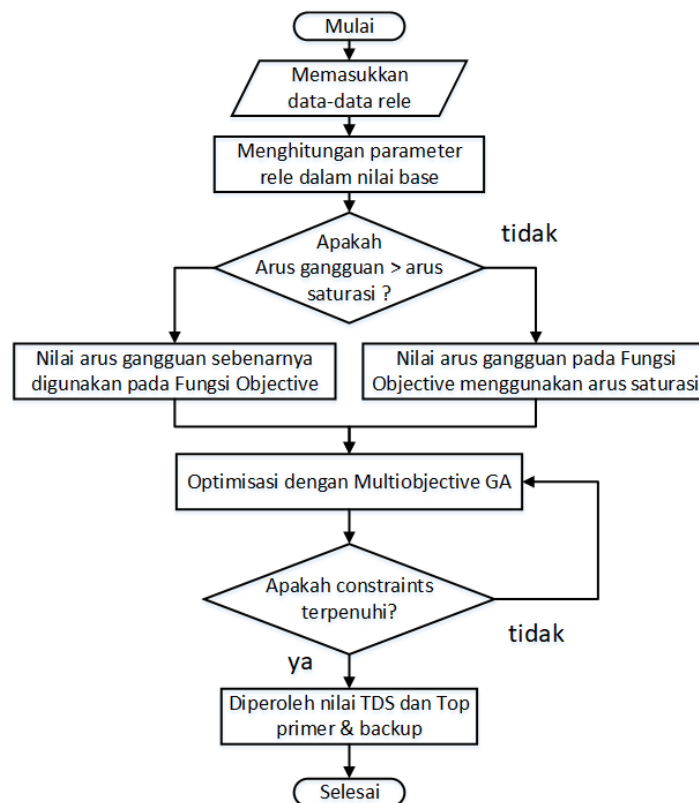
- 5) Menentukan *constraint* dari perhitungan yang terdiri dari nilai  $t_{op}primer$  yang dicari, CTI, dan menyamakan nilai kedua TDS. Dirumuskan sebagai berikut.

$$t_{op}primer \geq \text{waktu yg diharapkan}$$

$$t_{op}backup \geq t_{op}primer + CTI$$

$$TDS_{primer} = TDS_{backup}$$

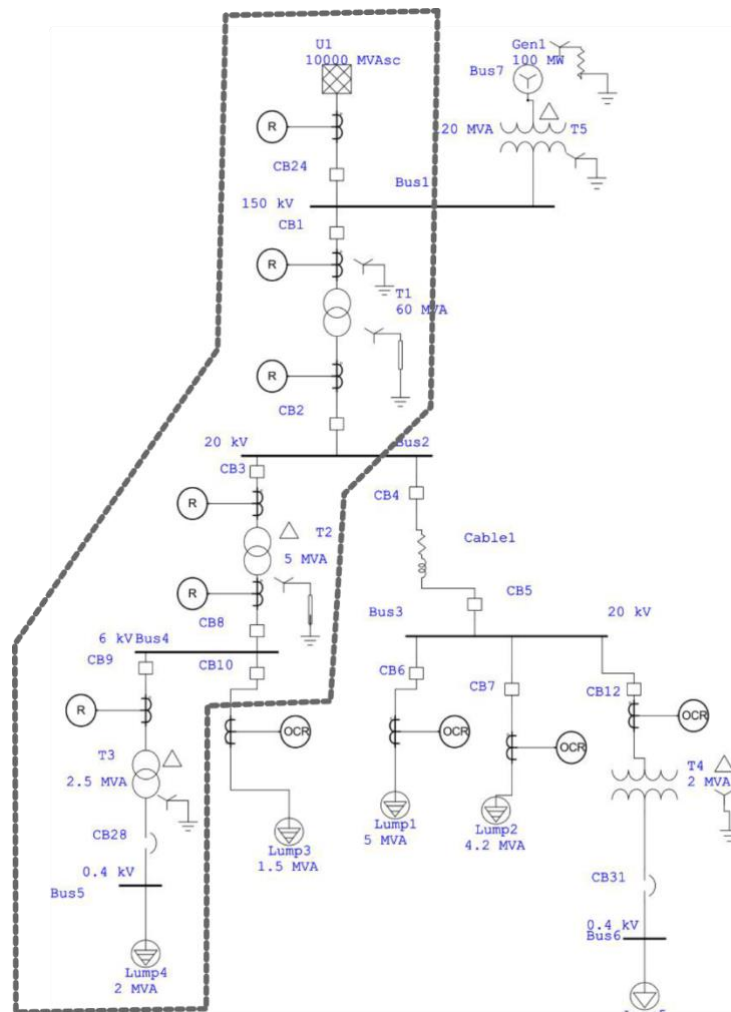
- 6) Menjalankan program perhitungan menggunakan MATLAB R2021a dan diperoleh nilai optimal dari TDS dan waktu operasi primer dan *backup* rele.
- 7) Tambahan pada perhitungan ini adalah perhitungan arus *pickup* yang juga diperoleh ketika program selesai.



**Gambar 2. Diagram Alur penentuan nilai TDS**

### C. Sistem Kelistrikan

Sistem kelistrikan yang dianalisa pada tugas ini sesuai sistem yang diberikan dosen pengampu mata kuliah. Sistem kelistrikannya merupakan sistem radial dengan suplai dari gird dan generator. Sistem kelistrikan ini memiliki 2 cabang saluran distribusi pada Bus 2. Analisa akan dilakukan dengan memilih salah satu cabang yang menjadi Tipikal untuk koordinasi relay proteksi. Tipikal yang dipilih adalah saluran sebelah kiri dari Bus pembangkitan hingga beban yang ditunjukkan pada Gambar 3.



**Gambar 3. Sistem Kelistrikan yang Dikoordinasikan**

Berdasarkan Gambar 3 tersebut dapat dirangkum data-data yang nantinya digunakan pada proses perhitungan koordinasi rele proteksi. Pengaman yang dikoordinasikan adalah yang berjenis *High Voltage Circuit Breaker* (HVCB), sehingga yang *Low Voltage Circuit Breaker* (LVCB) tidak diikuti pada proses perhitungan. Pasangan koordinasi rele sebagai pengaman primer dan *backup* beserta target waktu operasi setiap rele dipaparkan pada Tabel 3. Data secara lengkap dari masing-masing rele yang dibutuhkan pada proses perhitungan dipaparkan pada Tabel 4. Jenis rele yang digunakan dari keseluruhan rele arus lebih adalah *Merlin Gerin* model *Sepam 80*.

**Tabel 3. Pasangan Rele Primer dan *Backup* dan Target Waktu Operasi**

| No | Letak Gangguan | Rele Primer | Rele <i>Backup</i> | Waktu Operasi (detik) |               |
|----|----------------|-------------|--------------------|-----------------------|---------------|
|    |                |             |                    | Primer                | <i>Backup</i> |
| 1  | T3 (6kV)       | R CB 9      | R CB 8             | 0,1                   | 0,3           |
| 2  | Bus 4 (6kV)    | R CB 8      | R CB 3             | 0,3                   | 0,3           |
| 3  | T2 (20kV)      | R CB 3      | R CB 2             | 0,1                   | 0,5           |
| 4  | Bus 2 (20kV)   | R CB 2      | R CB 1             | 0,5                   | 0,5           |
| 5  | T1 (150kV)     | R CB 1      | R CB 24            | 0,1                   | 0,3           |
| 6  | Bus 1 (150kV)  | R CB 24     | -                  | 0,3                   | -             |

**Tabel 4. Data Koordinasi Rele**

| No | ID Rele | Tegangan | FLA (A) | Primer CT | Isc Maks (A) |               |
|----|---------|----------|---------|-----------|--------------|---------------|
|    |         |          |         |           | Primer       | <i>Backup</i> |
| 1  | R CB 9  | 6        | 240.6   | 250       | 5695         | 2072          |
| 2  | R CB 8  | 6        | 481.1   | 500       | 4870         | 4870          |
| 3  | R CB 3  | 20       | 144     | 200       | 16572        | 1498          |
| 4  | R CB 2  | 20       | 1732    | 2000      | 14879        | 14879         |
| 5  | R CB 1  | 150      | 231     | 250       | 40004        | 2035          |
| 6  | R CB 24 | 150      | 462     | 500       | 38490        | 38490         |

**D. Hasil Perhitungan TDS**

Hasil perhitungan *time dial setting* (TDS) dari tipikal yang dipilih akan dipaparkan secara berurutan. Parameter setiap rele yang dimasukkan kedalam program berdasarkan data di Tabel 3 dan Tabel 4. Nilai CTI pada program merupakan CTI dari waktu operasi primer dan *backup* dari satu rele, bukan CTI antar rele. Berikut adalah hasil perhitungan melalui program *Multi-objective Genetic Algorithm* dan hasil pengujiannya pada simulasi proteksi di ETAP 12.6.0 dengan menampilkan plot arus gangguan pada kurva *time-current characteristic* (TCC).

## 1. Rele CB 9

Proses *running* program perhitungan TDS,  $t_{op}$ , dan *pickup* RCB 9 ditunjukkan pada *text box* berikut.

```
**Perhitungan TDS berbasis Multiobjective GA**  
pada jenis kurva Extreamly Inverse
```

```
-Nilai kV base yang dipiilh 6 kV  
-Nilai I pick up = 1.05 FLA
```

```
Masukkan data relay
```

```
Masukkan ID Relay : RCB 9
```

```
Masukkan Tegangan Operasi : 6
```

```
Masukkan FLA : 240.6
```

```
Masukkan Isc Primer : 5695
```

```
Masukkan Isc Backup : 2072
```

```
Masukkan target Top Primer : 0.101
```

```
Masukkan nilai CTI : 0.21
```

```
Masukkan nilai Primer CT : 250
```

```
Hasil Optimisasi  
RCB 9
```

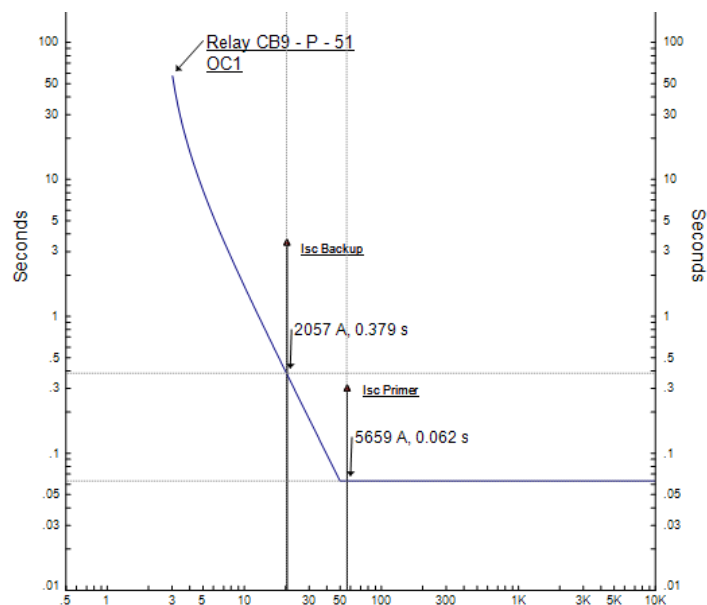
```
top_optimum_primer =  
0.1011
```

```
top_optimum_backup =  
0.3101
```

```
time_dial =  
0.2076
```

```
pick_up =  
1.0105
```

Berdasarkan hasil *running* program diperoleh nilai TDS sebesar 0,21 dan *pickup* sebesar 1,01 sehingga diperoleh  $t_{op}$  primer 0,1 detik dan  $t_{op}$  backup 0,31 detik. Nilai tersebut dijadikan masukan untuk diuji keakuratannya melalui *software* simulasi dengan menampilkan kurva TCC. Hasil simulasi dipaparkan pada Gambar 4 berikut.



**Gambar 4. Kurva *inverse* RCB 9 sesuai hasil perhitungan**

Hasil dari plot arus gangguan pada kurva TCC diperoleh bahwa  $t_{op}$  primer 0,062 detik dan  $t_{op}$  backup 0,379 detik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa hasil perhitungan memiliki eror terhadap target yang ingin dicapai. Kemungkinan eror terjadi karena pada perhitungan terdapat pembulatan, nilai 0,06 apabila dibulatkan menjadi 0,1 sehingga nilai tersebut yang menjadi nilai optimal. Namun hasil ini sudah mendekati dengan target yang diinginkan.

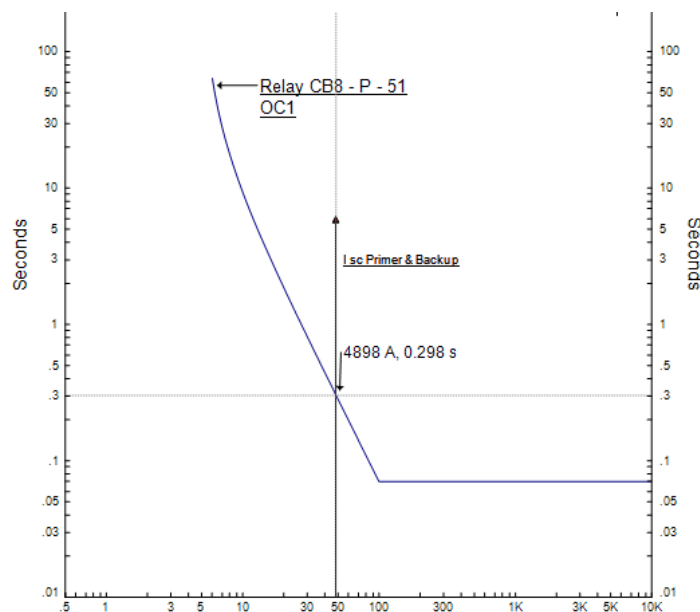


## 2. Rele CB 8

Proses *running* program perhitungan TDS,  $t_{op}$ , dan *pickup* RCB 8 ditunjukkan pada *text box* berikut.

|  |  |
|--|--|
| <pre>**Perhitungan TDS berbasis Multiobjective GA** pada jenis kurva Extreamly Inverse  -Nilai kV base yang dipiilh 6 kV -Nilai I pick up = 1.05 FLA  Masukkan data relay Masukkan ID Relay : RCB 8 Masukkan Tegangan Operasi : 6 Masukkan FLA : 481.1 Masukkan Isc Primer : 4870 Masukkan Isc Backup : 4870 Masukkan target Top Primer : 0.3 Masukkan nilai CTI : 0.01 Masukkan nilai Primer CT : 500</pre> | <pre>Hasil Optimisasi RCB 8  top_optimum_primer =     0.3000 top_optimum_backup =     0.3090 time_dial =     0.2870 pick_up =     1.0103</pre> |
|--|--|

Berdasarkan hasil *running* program diperoleh nilai TDS sebesar 0,29 dan *pickup* sebesar 1,01 sehingga diperoleh  $t_{op}$  primer 0,3 detik dan  $t_{op}$  backup 0,3 detik. Nilai tersebut dijadikan masukan untuk diuji keakuratannya melalui *software* simulasi dengan menampilkan kurva TCC. Hasil simulasi dipaparkan pada Gambar 5 berikut.



**Gambar 5. Kurva *inverse* RCB 8 sesuai hasil perhitungan**

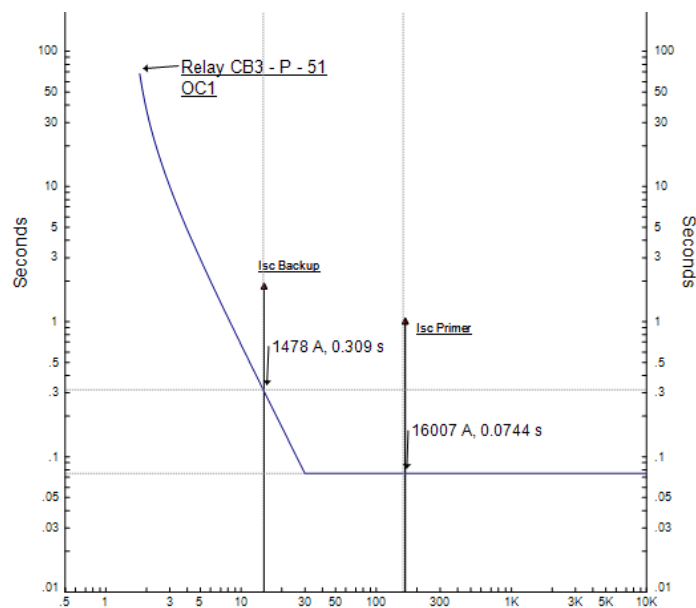
Hasil dari plot arus gangguan pada kurva TCC diperoleh bahwa  $t_{op}$  primer 0,298 detik dan  $t_{op}$  backup 0,298 detik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa hasil perhitungan memiliki eror sebesar 0,012 detik terhadap target yang ingin dicapai. Kemungkinan eror terjadi karena pada perhitungan terdapat pembulatan, nilai 0,298 sangat mendekati 0,3 sehingga nilai tersebut yang menjadi nilai optimal. Hasil ini sudah mendekati dengan target yang diinginkan.

### 3. Rele CB 3

Proses *running* program perhitungan TDS,  $t_{op}$ , dan *pickup* RCB 3 ditunjukkan pada *text box* berikut.

|   |  |
|---|--|
| <pre><b>**Perhitungan TDS berbasis Multiobjective GA**</b> pada jenis kurva Extreamly Inverse  -Nilai kV base yang dipiilh 6 kV -Nilai I pick up = 1.05 FLA  Masukkan data relay Masukkan ID Relay : RCB 3 Masukkan Tegangan Operasi : 20 Masukkan FLA : 144 Masukkan Isc Primer : 16572 Masukkan Isc Backup : 1498 Masukkan target Top Primer : 0.101 Masukkan nilai CTI : 0.21 Masukkan nilai Primer CT : 200</pre> | <pre>Hasil Optimisasi RCB 3  top_optimum_primer = 0.1010 top_optimum_backup = 0.3101 time_dial = 0.3042 pick_up = 0.7560</pre> |
|---|--|

Berdasarkan hasil *running* program diperoleh nilai TDS sebesar 0,31 dan *pickup* sebesar 0,76 sehingga diperoleh  $t_{op}$  primer 0,1 detik dan  $t_{op}$  backup 0,31 detik. Nilai tersebut dijadikan masukan untuk diuji keakuratannya melalui *software* simulasi dengan menampilkan kurva TCC. Hasil simulasi dipaparkan pada Gambar 6 berikut.



**Gambar 6. Kurva *inverse* RCB 3 sesuai hasil perhitungan**

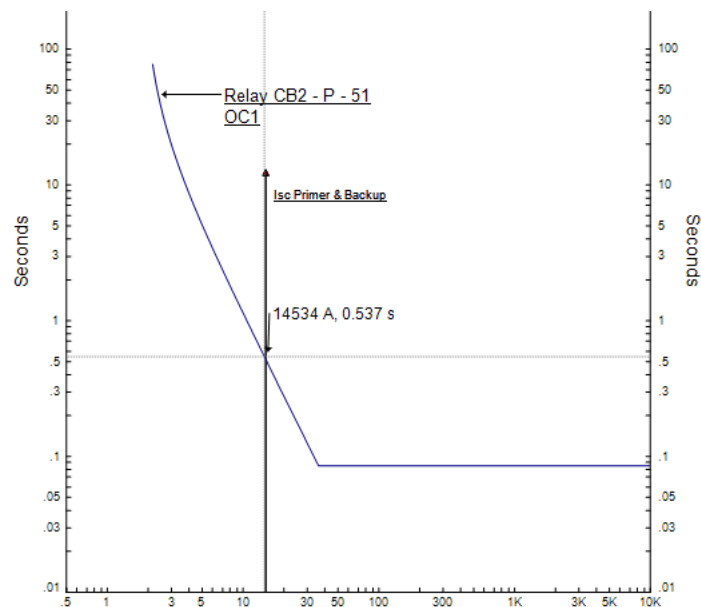
Hasil dari plot arus gangguan pada kurva TCC diperoleh bahwa  $t_{op}$  primer 0,074 detik dan  $t_{op}$  backup 0,309 detik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa hasil perhitungan memiliki eror terhadap target yang ingin dicapai. Kemungkinan eror terjadi karena pada perhitungan terdapat pembulatan, nilai 0,07 apabila dibulatkan menjadi 0,1 sehingga nilai tersebut yang menjadi nilai optimal. Namun hasil ini sudah mendekati dengan target yang diinginkan, terutama target  $t_{op}$  backup yang sesuai.

#### 4. Rele CB 2

Proses *running* program perhitungan TDS,  $t_{top}$ , dan *pickup* RCB 2 ditunjukkan pada *text box* berikut.

|   |  |
|---|--|
| <pre><b>**Perhitungan TDS berbasis Multiobjective GA**</b> pada jenis kurva Extreamly Inverse  -Nilai kV base yang dipiih 6 kV -Nilai I pick up = 1.05 FLA  Masukkan data relay Masukkan ID Relay : RCB 2 Masukkan Tegangan Operasi : 20 Masukkan FLA : 1732 Masukkan Isc Primer : 14879 Masukkan Isc Backup : 14879 Masukkan target Top Primer : 0.501 Masukkan nilai CTI : 0.01 Masukkan nilai Primer CT : 2000</pre> | <pre>Hasil Optimisiasi RCB 2  top_optimum_primer =     0.5010 top_optimum_backup =     0.5101 time_dial =     0.3397 pickup =     0.9093</pre> |
|---|--|

Berdasarkan hasil *running* program diperoleh nilai TDS sebesar 0,34 dan *pickup* sebesar 0,9 sehingga diperoleh  $t_{top}$  primer 0,5 detik dan  $t_{top}$  backup 0,5 detik. Nilai tersebut dijadikan masukan untuk diuji keakuratannya melalui *software* simulasi dengan menampilkan kurva TCC. Hasil simulasi dipaparkan pada Gambar 7 berikut.



**Gambar 7. Kurva inverse RCB 2 sesuai hasil perhitungan**

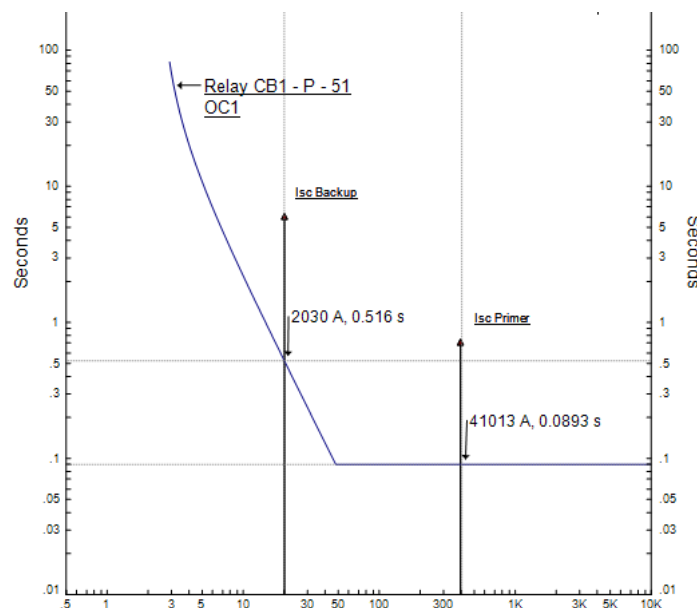
Hasil dari plot arus gangguan pada kurva TCC diperoleh bahwa  $t_{top}$  primer 0,537 detik dan  $t_{top}$  backup 0,537 detik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa hasil perhitungan sangat sesuai dengan target yang diharapkan. Waktu operasi RCB 2 ini dipilih 0,5 dikarenakan RCB 2 mengamankan pada bus percabangan, dimana waktu operasi rele dibawahnya 0,1 dan 0,3, sehingga untuk *backup* rele 0,3 waktu RCB 2 dipilih 0,5 detik.

## 5. Rele CB 1

Proses *running* program perhitungan TDS,  $t_{op}$ , dan *pickup* RCB 1 ditunjukkan pada *text box* berikut.

|   |  |
|---|--|
| <pre>**Perhitungan TDS berbasis Multiobjective GA** pada jenis kurva Extreamly Inverse  -Nilai kV base yang dipiilh 6 kV -Nilai I pick up = 1.05 FLA  Masukkan data relay Masukkan ID Relay : RCB 1 Masukkan Tegangan Operasi : 150 Masukkan FLA : 231 Masukkan Isc Primer : 40004 Masukkan Isc Backup : 2035 Masukkan target Top Primer : 0.101 Masukkan nilai CTI : 0.41 Masukkan nilai Primer CT : 250</pre> | <pre>Hasil Optimisasi RCB 1  top_optimum_primer = 0.1011 top_optimum_backup = 0.5101 time_dial = 0.3575 pick_up = 0.9702</pre> |
|---|--|

Berdasarkan hasil *running* program diperoleh nilai TDS sebesar 0,36 dan *pickup* sebesar 0,97 sehingga diperoleh  $t_{op}$  primer 0,1 detik dan  $t_{op}$  backup 0,51 detik. Nilai tersebut dijadikan masukan untuk diuji keakuratannya melalui *software* simulasi dengan menampilkan kurva TCC. Hasil simulasi dipaparkan pada Gambar 8 berikut.



**Gambar 8. Kurva *inverse* RCB 1 sesuai hasil perhitungan**

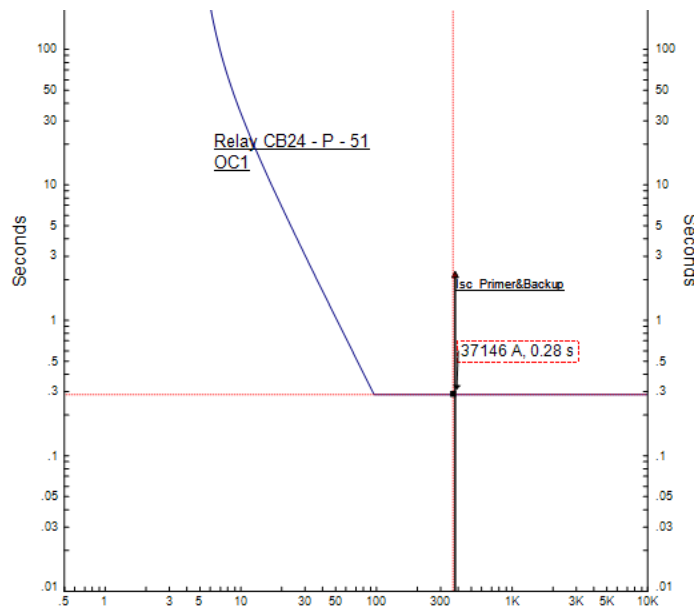
Hasil dari plot arus gangguan pada kurva TCC diperoleh bahwa  $t_{op}$  primer 0,089 detik dan  $t_{op}$  backup 0,516 detik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa hasil perhitungan memiliki eror terhadap target yang ingin dicapai. Kemungkinan eror terjadi karena pada perhitungan terdapat pembulatan, nilai 0,089 apabila dibulatkan menjadi 0,1 sehingga nilai tersebut yang menjadi nilai optimal. Hasil optimisasi ini menunjukkan lebih menitikberatkan pada salah satu nilai optimal, sehingga mengurangi salah hasil optimal yang lain.

## 6. Rele CB 24

Proses *running* program perhitungan TDS,  $t_{op}$ , dan *pickup* RCB 24 ditunjukkan pada *tex box* berikut.

|   |   |
|---|---|
| <pre>**Perhitungan TDS berbasis Multiobjective GA** pada jenis kurva Extreamly Inverse  -Nilai kV base yang dipiilh 6 kV -Nilai I pick up = 1.05 FLA  Masukkan data relay Masukkan ID Relay : RCB 24 Masukkan Tegangan Operasi : 150 Masukkan FLA : 462 Masukkan Isc Primer : 38490 Masukkan Isc Backup : 38490 Masukkan target Top Primer : 0.301 Masukkan nilai CTI : 0.01 Masukkan nilai Primer CT : 500</pre> | <pre>Hasil Optimisisasi RCB 24  top_optimum_primer = 0.3011 top_optimum_backup = 0.3101 time_dial = 1.1331 pick_up = 0.9702</pre> |
|---|---|

Berdasarkan hasil *running* program diperoleh nilai TDS sebesar 1,13 dan *pickup* sebesar 0,97 sehingga diperoleh  $t_{op}$  primer 0,3 detik dan  $t_{op}$  backup 0,3 detik. Nilai tersebut dijadikan masukan untuk diuji keakuratannya melalui *software* simulasi dengan menampilkan kurva TCC. Hasil simulasi dipaparkan pada Gambar 9 berikut.



**Gambar 9. Kurva inverse RCB 24 sesuai hasil perhitungan**

Hasil dari plot arus gangguan pada kurva TCC diperoleh bahwa  $t_{op}$  primer 0,28 detik dan  $t_{op}$  backup 0,28 detik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa hasil perhitungan memiliki eror terhadap target yang ingin dicapai. Kemungkinan eror terjadi karena pada perhitungan terdapat pembulatan, nilai 0,28 apabila dibulatkan menjadi 0,3 sehingga nilai tersebut yang menjadi nilai optimal. Namun hasil ini sudah mendekati dengan target yang diinginkan.

## E. Kesimpulan

Perhitungan *time dial setting* (TDS) berbasis *Multi-objective Genetic Algorithm* telah dilakukan dan menemukan hasil optimal. Berdasarkan hasil *running* program dan plot pada kurva TCC dapat ditarik kesimpulan.

- 1) Perhitungan TDS dan waktu operasi rele dapat dilakukan menggunakan *Multi-objective Genetic Algorithm* dan diperoleh nilai optimal meskipun hasilnya belum akurat 100% namun sudah mendekati nilai yang diharapkan.
- 2) Kekurang akuratan proses perhitungan dapat disebabkan oleh kemampuan *artificial intelligent* yang dipakai, karena memang performa dari *Genetic Algorithm* ini yang paling rendah dibanding dengan yang lainnya.
- 3) Proses yang telah dilakukan untuk menghitung TDS dapat digunakan sebagai acuan bahwa perhitungannya dapat dilakukan dengan algoritma *Multiobjective*, sehingga kedepannya dapat dicoba dengan *artificial intelligent* dengan kemampuan yang lebih baik untuk memperoleh hasil yang lebih akurat.

## Lampiran

```
clc
clear all

global iscp iscb ip_base aa bb kk

fprintf('**Perhitungan TDS berbasis Multiobjective GA**\n');
fprintf('pada jenis kurva Extreamly Inverse\n\n');

fprintf('-Nilai kV base yang dipiih 6 kV\n');
fprintf('-Nilai I pick up = 1.05 FLA\n\n');

fprintf('Masukkan data relay\n');
id = input('Masukkan ID Relay : ','s');
v = input('Masukkan Tegangan Operasi : ');
fla = input ('Masukkan FLA : ');
isc_p = input ('Masukkan Isc Primer : ');
isc_b = input ('Masukkan Isc Backup : ');
top = input ('Masukkan target Top Primer : ');
cti = input ('Masukkan nilai CTI : ');
ctp = input ('Masukkan nilai Primer CT : ');

%Parameter Kurva Extreamly Inverse
aa=2; bb=0.808; kk=80;

kvbase=6;

fla_base = fla*v/kvbase;
iscp_base = iscp*v/kvbase;
iscb_base = iscb*v/kvbase;
isc_sat = fla_base*20;
ip_base = 1.05*fla_base;

%mencari nilai iscp primer terhadap saturasi
if iscp_base > isc_sat
    iscp = isc_sat;
else
    iscp = iscp_base;
end
%iscp

%mencari nilai iscb primer terhadap saturasi
if iscb_base > isc_sat
    iscb = isc_sat;
else
    iscb = iscb_base;
end
%iscb
```

```

FitnessFunction = @fun;
numberOfVariables = 2;
lb = [(top) 0.1]; % Lower bound
ub = [1 1]; % Upper bound
A = [1,-1]; % No linear inequality constraints
b = [-(cti)]; % No linear inequality constraints
Aeq = []; % No linear equality constraints
beq = []; % No linear equality constraints
options = optimoptions(@gamultiobj, 'PlotFcn', @gaplotpareto);

[x,Fval,exitFlag,Output] =
gamultiobj(FitnessFunction,numberOfVariables,A, ...
    b,Aeq,beq,lb,ub,options);
disp('Hasil Optimisasi'),disp(id)
top_optimum_primer = x(:,1)
top_optimum_backup = x(:,2)
time_dial = Fval(:,1)
pick_up = 1.05*f1a/ctp

function y = fun (x)

global iscp iscb ip_base aa bb kk

y(1) =(x(1)*(((iscp/ip_base)^aa)-1)*bb))/kk;
y(2) =(x(2)*(((iscb/ip_base)^aa)-1)*bb))/kk;
y(1) = y(2);
y = [y(1) y(2)];
end

```