

# Analisa *Setting* Relai Arus Lebih Pada Penyulang Tandurusa dari Gardu Induk Bitung



Rivaldy Tri Putra Djabar, Lily S. Patras, Glanny M. Ch. Mangindaan  
Teknik Elektro Universitas Sam Ratulangi Manado, Jl. Kampus Bahu-Unsrat Manado, 95115  
Email: djabarrivaldy2@gmail.com, patraslilys48@gmail.com, glanny\_m@unsrat.ac.id

**Abstract** — *Electricity is one of the most important needs in the economy because besides being widely used by the community, especially for lighting purposes, it is also the main resource in the industrial sector. The electrical energy supplied is inseparable from both internal and external disturbances. For this reason, a reliable electrical equipment protection system is needed so that electricity can work properly. The purpose of this study is to analyze the adjustment of protective equipment, especially the overcurrent relay on the Tandurusa feeder at the Bitung Substation. With the aim of studying what actually happened to the 20 kV distribution protection system regarding OCR settings and their testing. The calculation results obtained for current settings of 1,2 A and TMS of 0,267 seconds for the Tandurusa feeder. The TMS value obtained is followed by the value at  $\Delta t$  of 0,4 seconds for the TMS value on the next bus. So the time on the Bitung Substation bus as the first reserve is 0,667 seconds, and on the Sawangan Substation bus as the second backup it's 1,067 seconds.*

**Keywords:** *Protection, overcurrent relay, current setting, time setting*

**Abstrak-** *Listrik merupakan salah satu kebutuhan terpenting dalam perekonomian karena selain banyak digunakan oleh masyarakat terutama untuk keperluan penerangan, juga merupakan sumber daya utama di sektor industri. Energi listrik yang disuplai tidak terlepas dari gangguan baik internal maupun eksternal. Untuk itu diperlukan sistem proteksi peralatan listrik yang handal agar keberlangsungan listrik dapat bekerja dengan baik. Tujuan dari penelitian ini untuk menganalisis penyetelan peralatan proteksi terlebih khusus relai arus lebih pada penyulang Tandurusa di Gardu Induk Bitung. Dengan tujuan ingin menelaah apa yang sesungguhnya terjadi dari sistem proteksi distribusi 20 kV mengenai setelan OCR beserta pengujianannya. Hasil perhitungan didapatkan untuk setting arus sebesar 1,2 A dan TMS sebesar 0,267 detik untuk penyulang Tandurusa. Nilai TMS yang didapat diikuti dengan nilai pada  $\Delta t$  sebesar 0,4 detik untuk nilai TMS pada bus selanjutnya. Maka untuk waktu pada bus Gardu Induk Bitung sebagai cadangan pertama adalah 0,667 detik, dan pada bus Gardu Induk Sawangan sebagai cadangan kedua adalah 1,067 detik.*

**Kata Kunci:** *Proteksi, relai arus lebih, setting arus, setting waktu*

## I. PENDAHULUAN

Listrik merupakan salah satu kebutuhan penting dalam perekonomian, karena selai digunakan secara luas oleh masyarakat terutama untuk keperluan penerangan, serta sebagai sumber utama dalam sector industry. Energi listrik yang disalurkan tidak lepas dari adanya gangguan, baik gangguan dari dalam maupun gangguan dari luar.

Relai proteksi merupakan salah satu alat proteksi yang bekerja mengamankan dan mengisolasi area yang terkena gangguan serta menjaga area yang tidak mengalami gangguan tetap menjalankan fungsinya. Relai ini sesuai amanya bekerja terhadap arus lebih, bila arus yang mengalir melebihi nilai settingannya. Dengan gangguan tersebut relai arus lebih diharapkan harus bekerja lebih selektif.

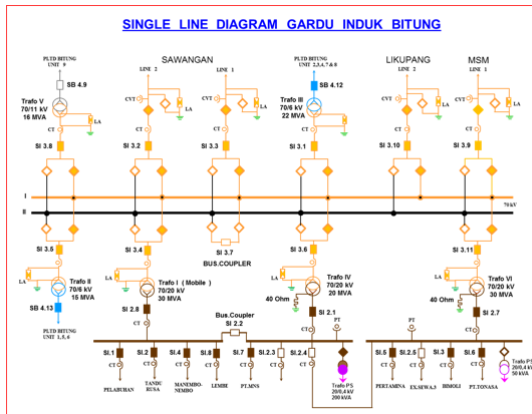
Penelitian setting relai ini dilakukan pada penyulang Tandurusa yang sering terjadi gangguan/trip dengan indikasi yang sering muncul pada relai arus lebih. Dengan permasalahan tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis mengenai penyetelan proteksi penyulang Tandurusa di Gardu Induk Bitung dengan tujuan ingin menelaah apa yang sesungguhnya terjadi dari sistem proteksi distribusi 20 kV khususnya mengenai setelan OCR beserta pengujianannya. Sebagaimana yang telah diuraikan dari permasalahan di atas, maka penulis melakukan penelitian dengan judul Analisa Setting Relai Arus Lebih Pada Penyulang Tandurusa di Gardu Induk Bitung.

### A. Sistem Tenaga Listrik di Bitung

Sistem tenaga listrik adalah sekumpulan pusat listrik dan gardu induk yang satu sama lain dihubungkan oleh sistem penyaluran (transmisi dan distribusi) sehingga merupakan satu kesatuan sistem. Di kota Bitung sendiri saat ini memiliki 11 penyulang sebagai jalur pendistribusian tenaga listrik 20 kV yang disuplai melalui dua gardu induk, yakni Gardu Induk Bitung yang menyuplai 8 penyulang dan Gardu Induk Tanjung Merah yang menyuplai 3 penyulang. Diagram satu garis

system tenaga listrik yang ada di Gardu Induk Btuing dapat dilihat pada gambar 1. Untuk Gardu Induk Bitung sendiri terdapat delapan penyulang yang disalurkan, yang diantaranya :

- SI 1 Pelabuhan
- SI 2 Tandurusa
- SI 3 Bimoli
- SI 4 Manembo Nembo
- SI 5 Pertamina
- SI 6 PT. Tonasa
- SI 7 MNS
- SI 8 Lembe



Gambar 1. Single Line Diagram Gardu Induk Bitung

## B. Sistem proteksi tenaga listrik

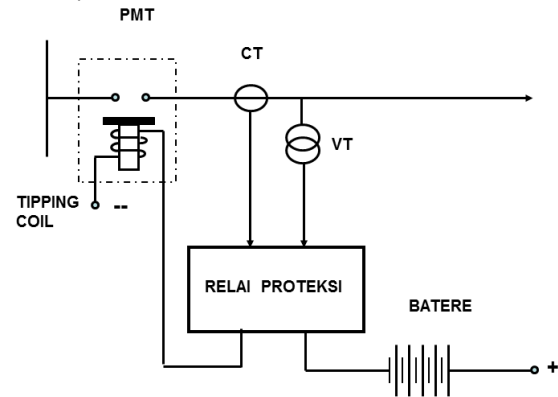
Sistem proteksi tenaga listrik merupakan system pengaman pada peralatan yang terpasang pada system tenaga listrik, seperti generator, busbar, transformator, saluran udara tegangan tinggi, saluran kabel bawah tanah, dan lain sebagainya terhadap kondisi abnormal operasi system tenaga listrik tersebut. Sistem proteksi adalah suatu system pengamanan terhadap peralatan listrik, yang diakibatkan adanya gangguan teknis, gangguan alam, kesalahan operasi, dan penyebab lainnya. Dalam suatu system proteksi, relai proteksi merupakan bagian penting dalam sebuah system tenaga.

Untuk pengamanan bagian system yang lebih penting, digunakan system proteksi yang terdiri dari seperangkat peralatan proteksi yang komponen-komponen terpentingnya adalah :

- Relai proteksi : Sebagai elemen perasa yang mendeteksi adanya gangguan atau keadaan abnormal lainnya (*fault detection*).
- Pemutus Tenaga (PMT) : Sebagai pemutus arus gangguan di dalam sirkuit tenaga untuk melepaskan bagian system yang terganggu. Dengan perkataan lain

“membebaskan system dari gangguan”. PMT menerima perintah (sinyal *trip*) dari relai proteksi untuk membuka.

- Trafo Arus dan atau Trafo Tegangan : Untuk meneruskan arus dan atau tegangan dengan perbandingan tertentu dari sirkuit primer (sirkuit tenaga) ke sirkuit sekunder (sirkuit relai) dan memisahkan sirkuit sekunder dari sirkuit primernya.
- Baterai (aki) : Sebagai sumber tenaga untuk mengetrip PMT dan catu daya untuk relai (relai digital/relai static) dan relai bantu (*auxiliary relay*).



Gambar 2. Komponen Sistem Proteksi  
(Sumber : Alief Rakhman Mukhtar, 2020)

## C. Relai arus lebih

Relai arus lebih atau *overcurrent relay* sebagai salah satu perangkat proteksi ikut memegang peranan penting terhadap keberhasilan dan keandalan suatu system proteksi dalam memproteksi jaringan dari suatu keadaan abnormal berupa gangguan arus lebih. Relai ini bekerja dengan input analog arus, diman relai akan bekerja apabila mendeteksi gangguan diatas *setting*-nya khususnya untuk gangguan fasa-fasa. Relai arus lebih terdapat beberapa karakteristik waktu yang dikelompokkan menjadi tiga jenis :

1. Relai arus lebih seketika (*instantaneous*)
2. Relai arus lebih waktu tertentu
3. Relai arus lebih terbalik (*inverse*)

## D. Perhitungan relai arus lebih

### 1. Perhitungan impedansi saluran

Dalam suatu system tenaga listrik terdapat parameter yang digunakan untuk menghitung nilai impedansi ( $Z$ ) yaitu nilai resistansi dan reaktansi ( $X$ ), oleh karena itu perhitungan impedansi dapat dijabarkan sebagai berikut :

$$Z = \sqrt{R^2 + XL^2} \text{ (}\Omega\text{)} \quad (1)$$

### 2. Perhitungan impedansi baru

Untuk mengubah nilai impedansi dasar menjadi suatu nilai impedansi per unit, dapat dipakai persamaan berikut :

$$Z = Z_{diberikan} \left( \frac{kV_{dasar}}{kV_{baru}} \right)^2 \times \left( \frac{MVA_{baru}}{mVAdasar} \right) \quad (2)$$

Keterangan :

Z<sub>diberikan</sub> = impedansi dasar ( $\Omega$ )

kV = tegangan (kV)

MVA = daya (MVA)

#### E. Perhitungan arus lebih dan arus gangguan

Relai arus lebih meliputi relai arus dan relai waktu, dimana relai waktu dapat berdiri sendiri, misalnya pada relai arus lebih dengan karakteristik waktu tertentu atau dalam kaitannya dengan besaran arus yang melampauinya, yaitu relai arus. Relai arus 22 lebih dilengkapi dengan relai arus lebih sesaat. Oleh karena itu, dalam pengaturan arus lebih in perlu untuk mengatur arus, waktu dan arus seketiknya.

##### 1. Rumus perhitungan arus

Untuk menghitung arus beban penuh kita perlu menentukan MVA<sub>base</sub> terlebih dahulu dan beban konsumen pada tiap jaringan distribusi pada gardu induk, kemudian pada tiap jaringan distribusi pada gardu induk digunakan persamaan (3)

$$IFL = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot kV} \quad (3)$$

Keterangan:

I<sub>fl</sub> = arus beban penuh (A)

S = beban (MVA)

kV = tegangan penyulang (kV)

##### 2. Rumus untuk menghitung MVA<sub>fault</sub>

Untuk mendapatkan besarnya nilai arus gangguan hubung singkat pada gardu induk sistem tenaga listrik ditulis dalam MVA, maka digunakan rumus :

$$MVA_f = \frac{MVA_{base}}{X_{total}} \quad (4)$$

Keterangan :

MVA<sub>f</sub> = gangguan hubung singkat beban

MVA<sub>base</sub> = beban yang ditentukan

X<sub>total</sub> = reaktansi total

##### 3. Rumus perhitungan arus gangguan tiga fasa

Gangguan tiga fasa merupakan gangguan hubung

singkat yang terjadi dengan mengakibatkan nilai arus yang besar. Untuk mendapatkan arus gangguan hubung singkat tiga fasa pada jaringan listrik menggunakan perhitungan :

$$ISC_{3\phi} = \frac{MVA_f}{\sqrt{3} \cdot kV} \quad (5)$$

Keterangan :

ISC<sub>3 $\phi$</sub>  = arus hubung singkat tiga fasa (A)

MVA<sub>f</sub> = beban hubung singkat

kV = tegangan

##### 4. Rumus perhitungan arus gangguan dua fasa

Gangguan antar fasa pada persamaan ini menggunakan perhitungan gangguan dua fasa pada jaringan listrik.

$$ISC_{2\phi} = 0,866 \cdot ISC_{3\phi} \quad (6)$$

Keterangan :

ISC<sub>2 $\phi$</sub>  = arus hubung singkat dua fasa (A)

ISC<sub>3 $\phi$</sub>  = arus hubung singkat tiga fasa (A)

#### F. Batas setting arus minimum dan maksimum rele arus lebih

Dalam suatu setting relai arus lebih diperlukan data-data dan perhitungan dasar mengenai system tenaga listrik. Langkah-langkah awal yang dilakukan adalah menganalisa data data suatu jaringan tempat relai pengaman tersebut. Hasil dari analisa yang didapatkan akan menjadi data masukkan pada perhitungan setting relai pengaman tersebut.

##### 1. Batas penyetelan arus minimum

Untuk perhitungan ini memerlukan hasil perhitungan persamaan (3), Adapun rumus batas setting arus *pick-up* minimum :

$$I_{pp} = \frac{K_s}{K_d} I_{fl} \quad (7)$$

Keterangan:

I<sub>pp</sub> = Setting arus (A)

I<sub>fl</sub> = Arus beban penuh (A)

K<sub>s</sub> = factor keamanan (1,05 – 1,3)

K<sub>d</sub> = factor arus Kembali (0,7 – 0,95)

##### 2. Batas penyetelan arus maksimum

Perhitungan dibawah ini merupakan batas penyetelan maksimum yang memerlukan hasil perhitungan dari persamaan (6)

$$I_{pp} = \frac{I_{scmin}}{K_s} \quad (8)$$

Keterangan :

Ipp = setting arus

Iscmin = arus hubung singkat dua fasa

Ks = factor sensitivitas (1,3 – 1,5)

Dari hasil-hasil batas setting minimum dan maksimum akan dimasukkan pada persamaan (9) setting relai arus lebih untuk gangguan fasa :

$$\frac{Ks}{Kd} \times Ifl < Ipp < \frac{Iscmin}{Ks} \quad (9)$$

Untuk menentukan arus setting menggunakan rumus:

$$\frac{Ifl}{CT} < Ips < \frac{Iscmin}{CT} \quad (10)$$

G. Penyetelan waktu kerja relai arus lebih

Untuk mendapatkan hasil penyetelan waktu kerja terdapat dua bagian yaitu melalui perhitungan berdasarkan rumus IEC (*International Electric Committion*) 60255 dapat ditunjukkan pada persamaan berikut ini

$$t = \frac{\beta}{\left[\frac{I_{fault}}{I_{set}}\right]^{\alpha-1}} \times TMS \quad (11)$$

Keterangan :

t = waktu kerja relai (detik)

Iset = arus setelan relai (A)

Ifault = Arus hubung singkat (A)

TMS = *Time multiple setting*

H. Penyetelan waktu akumulasi kerja relai

Dalam hal penyesuaian waktu dipastikan bahwa relai secara keseluruhan bekerja dengan cepat tetapi tetap selektif dan tidak bekerja dengan buruk.

1. Relai paling hilir

Pengaturan waktu operasi untuk relai yang terletak di arus paling banyak secepat mungkin, tetapi seharusnya tidak berfungsi karena arus transien pada saat penyisipan PMT dimana ada beban di jaringan, dan seharusnya tidak berfungsi jika getaran mekanis terjadi. Untuk relai dengan karakteristik waktu terbalik pada saat pengaturan waktu, dalam hal ini Td atau TMS didasarkan pada pembangkitan maksimum.

- Relai arus lebih waktu tertentu: T= 0,2 - 0,3 detik
- Relai arus lebih waktu terbalik

2. Penyetelan waktu kerja relai satu seksi di hulunya.

Berdasarkan pengaturan waktu relai hilir, relai dapat bekerja secara selektif tetapi keseluruhan

waktunya cepat agar tidak melebihi ketahanan termal peralatan yang dijamin.

## II.SISTEM DSITRIBUSI TENAGA LISTRIK PENYULANG TANDURUSA

### A. Sistem Kelistrikan Penyulang Tandurusa

Penyulang SI-2 (Tandurusa) tegangan masuknya diterima dari Transformator step down 70/20 kV melalui Gardu Induk Bitung dengan kapasitas Transformator itu sendiri sebesar 30 MVA. Penyulang Tandurusa (SI-2) ini terletak pada sisi bagian timur Kota Bitung yang mencakup 2 kecamatan, yakni : Artembaga dan Maesa dengan panjang jaringan ±24,25 Kms dengan media penyalurannya sendiri menggunakan Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM). Untuk penghantarnya sendiri 29 menggunakan penghantar AAAC (All Aluminium Alloy Conductor) dengan luas penampang yang berbeda-beda yaitu 150 mm<sup>2</sup> , 95 mm<sup>2</sup> , dan 70 mm<sup>2</sup> .

### B. Data-data teknis penyulang Tandurusa

Didalam penelitian ini yang akan dianalisa adalah relai arus lebih terutama bagaimana mensetting arus dan waktu dari relai arus lebih. Untuk dapat melakukan penyetelan setting waktu diperlukan data-data seperti data teknis generator, data transformator, data teknis kabel yang ada pada penyulang Tandurusa.

#### 1. Data teknis generator

Data teknis generator meliputi daya terpasang, tegangan dan juga reaktansi pada Pembangkit Listrik Tenaga Diesel Bitung yang menyuplai di Gardu Induk Bitung. Untuk selengkapnya dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 . Data Teknis Generator

Unit	Daya Terpasang (MVA)	Tegangan (kV)	Reaktansi (p.u)
1	5,05	6,3	0,24
2	5,05	6,3	0,24
3	5,05	6,3	0,24
4	6,25	6,3	0,24
5	6,75	6,3	0,24
6	6,75	6,3	0,24
7	11	6,3	0,24
8	11	6,3	0,24
9	13,75	11	0,24

#### 2. Data transformator

Transformator yang digunakan adalah

transformator tiga fasa dengan penempatan yang ada pada Gardu Induk Bitung dengan kapasitas 30 MVA. Data terperinci dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Data Teknis Transformator

Merk	UNINDO
Kapasitas	30 MVA
Tegangan	66/20 kV
Impedansi	12,84 %
I Nominal 70 kV	262,432 A
I Nominal 20 kV	866,025 A
Ratio CT sisi 70 kV	300/1
Ratio CT sisi 20 kV	1200/1
Ground Resistan	40 $\Omega$

### 3. Data teknis kabel

Penyulang Tandurusa menggunakan penghantar AAAC 150 mm<sup>2</sup>, AAAC 95 mm<sup>2</sup>, AAAC 70 mm<sup>2</sup> dengan total panjang penyulang 24,25 km, seperti terlihat pada tabel 3.

Tabel 3. Data Teknis Kabel

No	Jenis penghantar	Panjang (km)	R	XL
1	AAAC 150 mm <sup>2</sup>	14,3	0,2162	0,3305
2	AAAC 95 mm <sup>2</sup>	4,1	0,3096	0,3449
3	AAAC 70 mm <sup>2</sup>	5,85	0,4608	0,3572

### C. Data Relai Arus Lebih (OCR)

Data relai arus lebih, meliputi merk, tipe, karakteristik, ratio CT, dan TMS (Time Multiplier Setting) yang diambil dari sisi incoming dan sisi outgoing. Selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4 dan tabel 5

Tabel 4. Data OCR sisi *incoming* & sisi *outgoing*

No	Nama Data	Sisi <i>incoming</i>	Sisi <i>outgoing</i>
1	Merk	Schneider	Schneider
2	Tipe	Micom P123	Micom P123
3	Karakteristik	Standard Inverse	Standard Inverse
4	Ratio CT	1200/1	300/1
5	TMS OCR	0,128	0,17

## III. PERHITUNGAN DAN SETTING RELAI ARUS LEBIH DI PENYULANG TANDURUSA

Setting relai arus lebih pada penyulang Tandurusa di Gardu Induk Bitung dilakukan beberapa langkah antara lain perhitungan impedansi pembangkit operasi minimum, impedansi pembangkit maksimum, impedansi saluran, perhitungan setting arus dan setting waktu pada relai arus lebih yang dapat dijabarkan pada penjelasan dibawah ini :

### A. Perhitungan Impedansi

Impedansi pada penyulang Tandurusa di Gardu Induk Bitung dapat dihitung berdasarkan persamaan (1) dengan menentukan base terlebih dahulu. Base yang digunakan adalah transformator daya gardu induk Bitung 30 MVA, tegangan 20 kV. Perhitungan impedansi pembangkit dibagi menjadi impedansi operasi pembangkit minimum dan maksimum. Jika pembangkit hanya menjalankan satu unit maka berarti impedansi pembangkit minimum sedangkan untuk impedansi pembangkit maksimum adalah ketika semua unit pembangkit beroperasi.

#### 1. Impedansi pembangkit operasi minimum

Nilai reaktansi minimum pembangkit PLTD Bitung adalah 0,24 p.u berdasarkan tabel 1, data yang didapat kemudian dihitung berdasarkan persamaan (2)

$$Z = 0,24 \left( \frac{6,3 \text{ kV}}{20 \text{ kV}} \right)^2 \times \left( \frac{30 \text{ MVA}}{5,05 \text{ MVA}} \right)$$

$$Z = 0,24 (0,1) \times (5,941)$$

$$Z = 0,14 \text{ p.u}$$

#### 2. Impedansi pembangkit operasi maksimum

Nilai reaktansi maksimum pembangkit PLTD Bitung adalah 0,03 p.u, data yang didapat kemudian dihitung berdasarkan persamaan (2)

$$Z = 0,03 \left( \frac{6,3}{20} \right)^2 \times \left( \frac{30}{5,05} \right)$$

$$Z = 0,018 \text{ p.u}$$

#### 3. Impedansi saluran

Untuk perhitungan impedansi saluran menggunakan data berdasarkan pada tabel. Perhitungan dibawah ini meliputi impedansi saluran dan impedansi saluran per unit (p.u), maka perhitungan impedansi saluran sebagai berikut:

- Impedansi penyulang dengan penghantar AAAC 150 mm<sup>2</sup>

$$Z = (0,2162 + j0,3305) \Omega/\text{km} \times 14,3 \text{ km}$$

$$Z = \sqrt{0,2162^2 + 0,3305^2} (\Omega/\text{km}) \times 14,3$$

$$Z = 0,395 \Omega/\text{km} \times 14,3 \text{ km}$$

$$Z = 5,64 \Omega$$

Impedansi baru penyulang dengan penghantar AAAC 150 mm<sup>2</sup>

$$Z = 5,64 \left( \frac{20 \text{ kV}}{20 \text{ kV}} \right)^2 \times \left( \frac{30 \text{ MVA}}{25 \text{ MVA}} \right)$$

$$Z = 5,64 \times 1,2$$

$$Z = 6,768 \text{ p.u}$$

- Impedansi penyulang dengan penghantar AAAC 95 mm<sup>2</sup>

$$Z = (0,3096 + j0,3449) \Omega/\text{km} \times 4,1 \text{ km}$$

$$Z = \sqrt{0,3096^2 + 0,3449^2} (\Omega/\text{km}) \times 4,1$$

$$Z = 0,463 \Omega/\text{km} \times 4,1 \text{ km}$$

$$Z = 1,9 \Omega$$

Impedansi baru penyulang dengan penghantar AAAC 95 mm<sup>2</sup>

$$Z = 1,9 \left( \frac{20 \text{ kV}}{20 \text{ kV}} \right)^2 \times \left( \frac{30 \text{ MVA}}{25 \text{ MVA}} \right)$$

$$Z = 1,9 \times 1,2$$

$$Z = 2,28 \text{ p.u}$$

- Impedansi penyulang dengan penghantar AAAC 70 mm<sup>2</sup>

$$Z = (0,4608 + j0,3572) \Omega/\text{km} \times 5,85 \text{ km}$$

$$Z = \sqrt{0,4608^2 + 0,3572^2} (\Omega/\text{km}) \times 5,85 \text{ (km)}$$

$$Z = 0,58303 \Omega/\text{km} \times 5,85 \text{ km}$$

$$Z = 3,41 \Omega$$

Impedansi baru penyulang dengan penghantar AAAC 70 mm<sup>2</sup>

$$Z = 3,41 \left( \frac{20 \text{ kV}}{20 \text{ kV}} \right)^2 \times \left( \frac{30 \text{ MVA}}{25 \text{ MVA}} \right)$$

$$Z = 3,41 \times 1,2$$

$$Z = 4,092 \text{ p.u}$$

Berdasarkan penjumlahan dari nilai-nilai impedansi penyulang maka didapatkan hasil total impedansi penyulang, untuk selengkapnya dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil perhitungan impedansi penyulang

No	Jenis penghantar	Panjang (km)	Impedansi ( $\Omega$ )	Impedansi baru (p.u)
1	AAAC 150 mm <sup>2</sup>	14,3	5,64	6,768
2	AAAC 95 mm <sup>2</sup>	4,1	1,9	2,28
3	AAAC 70 mm <sup>2</sup>	5,85	3,41	4,092
Total impedansi penyulang				13,14

## B. Perhitungan setting relai arus lebih

Setting relai arus lebih terdiri dari setting arus dan setting waktu, dimana untuk setting arus pembangkit maksimum beroperasi dari titik gangguan berada pada saluran terjauh, sedangkan setting waktu pembangkit beroperasi minimum dan titik gangguan terletak pada saluran terdekat.

### 1. Perhitungan *setting* arus

- Gardu Induk Sawangan – Gardu Induk Bitung

$$\text{IFL} = \frac{30 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \times 20 \text{ kV}} = \frac{30 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 20 \times 10^3} = 867 \text{ A}$$

$$\text{Zeq} = 0,018 \% + 16,62 \% = 16,638 \%$$

$$\text{MVAF} = \frac{30}{16,638 \%} = \frac{30}{0,16638} = 180,31 \text{ MVA}$$

$$\text{Isc } 3\phi = \frac{180,31 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \times 20 \text{ kV}} = \frac{180,31 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 20 \times 10^3} = 5205,1 \text{ A}$$

$$\text{Isc } 2\phi = 0,866 \times 5205,1 = 4507,62 \text{ A}$$

$$1,5 \times 867 < \text{Ipp} < \frac{4507,62}{1,5}$$

$$\frac{1300,5}{800/1} < \text{Ipp} < \frac{3005,08}{800/1}$$

$$1,63 < \text{Ips} < 3,756$$

Hasil perhitungan mendapatkan setting arus dengan nilai  $1,63 < \text{Ips} < 3,756$  maka ditentukan 3,5 sebagai nilai setting arus untuk relai arus lebih gardu induk Bitung.

- Gardu Induk Bitung – Penyulang Tandurusa

$$\text{IFL} = \frac{4,364 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \times 20 \text{ kV}} = \frac{4,364 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 20 \times 10^3} = 125,98 \text{ A}$$

$$\text{Zeq} = 0,018 \% + 16,62 \% + 13,14 \% = 29,778 \%$$

$$\text{MVAF} = \frac{4,364}{29,778 \%} = \frac{4,364}{0,29778} = 14,66 \text{ MVA}$$

$$\text{Isc } 3\phi = \frac{14,66 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \times 20 \text{ kV}} = \frac{14,66 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 20 \times 10^3} = 423,198 \text{ A}$$

$$\text{Isc } 2\phi = 0,866 \times 423,198 = 366,49 \text{ A}$$

$$1,5 \times 125,98 < \text{Ipp} < \frac{366,49}{1,5}$$

$$\frac{188,97}{200/1} < \text{Ipp} < \frac{244,327}{200/1}$$

$$0,95 < \text{Ips} < 1,22$$

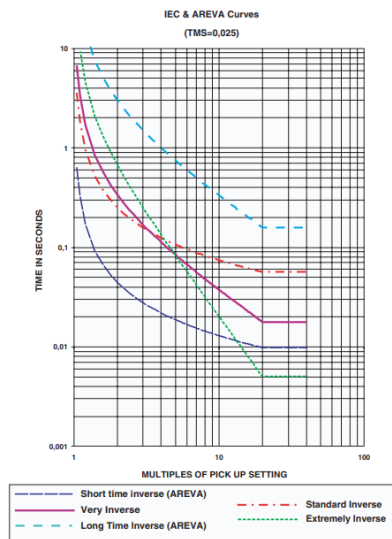
Hasil perhitungan mendapatkan setting arus dengan nilai  $0,95 < \text{Ips} < 1,22$  maka ditentukan 1,2 sebagai nilai setting arus untuk relai arus lebih gardu induk Bitung ke penyulang Tandurusa

1. Perhitungan *setting* waktu

Tabel 7. Koefisien Invers *Time Dial*

Deskripsi kurva	Standar	A	B	C
<i>Moderately inverse</i>	IEEE	0,02	0,0515	0,114
<i>Very Inverse</i>	IEEE	2	19,61	0,491
<i>Standard Inverse</i>	IEC	0,02	0,14	0

Setting waktu relai pada GI Bitung arah penyulang Tandurusa menggunakan karakteristik IEC *Standard Inverse* yang ada pada tabel 7. Untuk gambar dari masing-masing deskripsi kurva dapat dilihat pada gambar, dimana untuk yang memiliki waktu tersingkat adalah *extremely inverse* dan untuk yang memiliki waktu terlama adalah *long time inverse*.



Gambar 3. Kurva Karakteristik Relai Arus Lebih (Sumber : (Micom Overcurrent Relays Technical Guide)

Untuk *setting* waktu menggunakan perhitungan pada persamaan (11) dengan nilai *setting* arus sendiri yaitu 1,2 A, maka didapat hasil perhitungannya sebagai berikut:

$$t = \frac{0,14 \cdot TMS}{\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}}\right)^{0,02} - 1}$$

$$0,3 = \frac{0,14 \cdot TMS}{\left(\frac{423,198}{1,2}\right)^{0,02} - 1}$$

$$TMS = \frac{\left(\frac{423,198}{1,2}\right)^{0,02} - 1}{0,14} \times 0,3$$

**TMS = 0,267 detik**

Hasil perhitungan mendapatkan *setting* waktu dengan nilai 0,267 detik untuk penyulang Tandurusa. Waktu yang didapat pada perhitungan sebelumnya digunakan pada metode ini yaitu menjumlahkan hasil tersebut dengan  $\Delta t = 0,3 - 0,5$  yang akan ditentukan.  $\Delta t$  yang akan digunakan adalah 0,4 untuk PMT pada bus selanjutnya. Maka untuk waktu PMT pada bus GI Bitung bekerja sebagai *backup/cadangan* pertama adalah 0,667 detik, dan pada bus GI Sawangan sebagai *backup* kedua adalah 1,067 detik.

C. Hasil dan Analisa Perhitungan Relai Arus Lebih

Dari hasil perhitungan yang dilakukan diperoleh hasil sebagai berikut :

1. Hasil perhitungan *setting* arus dan waktu  
Setelah melakukan perhitungan maka didapatkan untuk hasil *setting* arus dan waktu pada GI Bitung dan penyulang Tandurusa

Tabel 8. Hasil perhitungan *setting* arus dan waktu GI Bitung

Arus Gangguan 3 Fasa (A)	5591,58
Arus Gangguan 2 Fasa (A)	4842,308
Iset (A)	3,5
Waktu (detik)	0,667

Tabel 9. Hasil perhitungan *setting* arus dan waktu penyulang Tandurusa

Arus Gangguan 3 Fasa (A)	439,941
Arus Gangguan 2 Fasa (A)	380,99
Iset (A)	1,2
Waktu (detik)	0,267

2. Analisa hasil perhitungan relai arus lebih

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, didapat bahwa nilai *setting* arus OCR pada sisi *incoming* (GI Bitung) sebesar 3,5 A dan pada sisi *outgoing* (penyulang Tandurusa) sebesar 1,2 A. Untuk penyetelan OCR pada sisi *incoming* didapat nilai TMS sebesar 0,667 detik dan pada sisi *outgoing* sebesar 0,267 detik. Waktu kerja relai pada sisi *outgoing* lebih cepat dibandingkan dengan waktu kerja relai pada sisi *incoming*, karena relai pada sisi *incoming* berfungsi sebagai *backup/cadangan* dari relai pada sisi *outgoing* sehingga bisa mengamankan gangguan di sisi *outgoing*. Hasil perhitungan yang didapat menjadi perbandingan dengan data yang ada dilapangan. Untuk memudahkan dalam melihat perbandingan perhitungan dapat dilihat pada tabel 10.

Tabel 10 Perbandingan hasil perhitungan dengan data dilapangan

No	Setelan relai	Data hasil perhitungan	Data terpasang
1	Iset (sisi <i>incoming</i> )	3,5 A	0,866 A
2	TMS OCR (sisi <i>incoming</i> )	0,667 detik	0,128 detik
3	Iset (sisi <i>outgoing</i> )	1,2 A	1,2 A
4	TMS OCR (sisi <i>outgoing</i> )	0,267 detik	0,17 detik

Dapat disimpulkan dari tabel perbandingan data hasil perhitungan dengan data dilapangan untuk (data *setting* OCR GI Bitung) untuk setelan TMS terlihat jelas berbeda, data yang tercatat dilapangan lebih kecil dari data perhitungan. Hal ini bisa terjadi karena dari data yang tercatat dilapangan memperhitungkan keseluruhan sistem yang ada, bukan dari satu *feeder*.

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

##### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari perhitungan dan Analisa pada tugas akhir ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil perhitungan yang didapat nilai *setting* arus pada Gardu Induk Bitung sebesar 3,5 A dan pada penyulang Tandurusa sebesar 1,2 A. Nilai TMS yang didapat sebesar 0,267 detik dengan nilai pada  $\Delta t$  sebesar 0,4 detik untuk nilai TMS pada bus selanjutnya.
2. Arus gangguan tiga fasa dari GI Sawangan ke GI Bitung sebesar 5591,58 A, dari GI Bitung ke penyulang Tandurusa adalah 439,941 A. Sedangkan untuk gangguan dua fasa adalah 4282,308 A dan 380,99 A.
3. Hasil perhitungan untuk pengaturan OCR tidak sesuai dengan data yang ada di lapangan, data yang tercatat dilapangan lebih kecil dari data perhitungan. Karena data yang ada dilapangan memperhitungkan keseluruhan sistem yang ada.
4. Berdasarkan perhitungan dan analisa yang telah dilakukan, maka *setting* relai arus lebih yang terpasang dilapangan perlu

dilakukan penyetelan kembali karena tidak sesuai dengan hasil perhitungan.

##### B. Saran

Saran yang dapat diberikan pada penelitian ini antara lain :

- Perlunya dilakukan pembaruan *setting* relai arus lebih secara berkala sesuai dengan kenaikan arus beban penyulang untuk menjaga system pengaman agar selalu memenuhi syarat-syarat system pengaman yang baik.
- Penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan membuat simulasi terlebih dahulu menggunakan *software* computer untuk memastikan tingkat keakuratan nilai TMS dan waktu pengoperasian relai.
- Hasil dari penelitian ini bisa menjadi referensi untuk *setting* relai arus lebih pada penyulang dan juga gardu induk.

#### V. KUTIPAN

- [1]. Akmal, A. (2017). Studi Pengaturan Relay Arus Lebih Dan Relay Hubung Tanah Penyulang Timor 4 Pada Gardu Induk Dawuan. Bandung: Jurnal Infotronik, Vol. 2, Universitas Sangga Buana YPKP.
- [2]. Bambang Prio Hartono, S. M. (2017). Analisis Sistem Proteksi Directional Over Current Relays (DOCR) Dengan Interkoneksi Distributed Generation (DG) Pada Penyulang Jolotundo. Malang: Institut Teknologi Nasional Malang.
- [3]. Buku Pedoman Pemeliharaan Proteksi dan Kontrol Penghantar. (2014). Jakarta Selatan: PT. PLN Persero.
- [4]. Gonen, T. (2014). Electric Power Distribution Engineering, Third Edition. CRC Press.
- [5]. Hardiyanti, E. (2017). Evaluasi Koordinasi Proteksi Rele Arus Lebih Pada Sistem Kelistrikan PT. Terminal Teluk Lamong Surabaya. Malang: Universitas Brawijaya.
- [6]. Janah, R. (2018). Analisa Perhitungan Dan Pengaturan Relai Arus Lebih Dan Relai Gangguan Tanah Pada Trafo III 60MVA 150/20 kV Di Gardu Induk 150kV Palur. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [7]. Marta Yudha, Hendra. (2008). Proteksi Rele: Prinsip dan Aplikasi. 28 Oktober 2016 16:00. Palembang: Universitas Sriwijaya
- [8]. Rondonuwu, Yehezkiel. (2018). Analisa Setting Relai Arus Lebih Jaringan Transmisi 150 kV



Pada Sistem Minahasa. Jurnal Teknik Elektro dan Komputer Universitas Sam Ratulangi

- [9]. William D. Stevenson, J. (1982). Analisa Sistem Tenaga, Edisi Ketiga. Malang: Lembaga Penerbitan Universitas Brawijaya Malang.
- [10]. Areva. *Micom P120/P121/P122/P123 Overcurrent Relays Version 10 Technical Guide*. P12x/EN T/H86

## TENTANG PENULIS



Penulis Bernama lengkap Rivaldy Tri Putra Djabar anak ke 3 dari 3 bersaudara dari pasangan suami istri (Ayah) Mochtar Djabar dan (Ibu) Sartika Rahantoknam, lahir di Weda pada tanggal 4 Agustus 1999. Sebelum menempuh jenjang Pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado, penulis telah menempuh jenjang pendidikan berturut-turut di SD GMIM 20 Tandurusa (2004-2010), SMP Katolik Don Bosco Bitung (2010-2013), SMK Negeri 2 Bitung (2013-2016). Pada tahun 2016, Penulis memulai pendidikan di Fakultas Teknik dengan mengambil jurusan Teknik Elektro, dengan mengambil konsentrasi minat Teknik Tenaga Listrik pada tahun 2018. Dalam menempuh Pendidikan penulis juga pernah melaksanakan kerja praktek yang bertempat di Gardu Induk Bitung dan Penulis menyelesaikan Pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado pada tanggal 30 Juli 2021.



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN**  
**UNIVERSITAS SAM RATULANGI**  
**FAKULTAS TEKNIK**

**TRANSKRIP NILAI**



Nama : Rivaldy Triputra Djabar  
 Tempat / Tanggal Lahir : Weda / 04 Agustus 1999  
 NIM / NRI : 16021103019  
 Nama & Jenjang Program Studi : Teknik Elektro / S1  
 Tanggal Masuk : 01 Juli 2016  
 Tanggal Cetak : 24 Juli 2021

No	Kode	Mata Kuliah	SKS	Nilai
<b>Semester 1</b>				
1	EB-1001	Pemrograman 1	2	A
2	KA-1001	Pendidikan Agama	2	A
3	KA-1002	Pendidikan Pancasila	2	A
4	KA-1003	Bahasa Inggris	2	B
5	KA-1004	Bahasa Indonesia	2	A
6	MB-1001	Kalkulus 1	3	C+
7	MB-1002	Fisika Dasar 1	2	C
8	MB-1021	Prakt. Fisika Dasar 1	1	A
9	PA-1001	Integrasi Sains & Lingkungan	2	B+
<b>Semester 3</b>				
1	EB-3001	Matematika Diskrit	2	C
2	EB-3002	Elektromagnetika	3	C
3	EB-3003	Rangkaian Listrik 1	2	B
4	EB-3004	Pengukuran Dan Instrumentasi	2	A
5	EB-3005	Gambar Teknik Dan Seni	1	B
6	EB-3021	Praktikum Rangkaian Listrik 1	1	B+
7	EB-3022	Praktikum Pengukuran Dan Instrumentasi	1	C
8	MB-3001	Matematika Teknik	4	B+
9	MB-3004	Fisika Modern	2	C
<b>Semester 5</b>				
1	EC-5101	Hukum Ketenagalistrikan	2	A
2	EC-5102	Mesin-mesin Listrik	3	B+
3	EC-5103	Transformator	2	C
4	EC-5104	Pembangkitan Tenaga Listrik	3	A
5	EC-5105	Distribusi Tenaga Listrik	2	B+
6	EC-5106	Analisa Sistem Tenaga Listrik 1	3	B+
7	EC-5107	Teknik Tegangan Tinggi	2	A
8	EC-5121	Praktikum T1: Mesin-mesin Listrik	1	A
9	EC-5122	Praktikum T2: Jaringan TI	1	B
<b>Semester 7</b>				
1	EC-7101	Pemrograman Stl	3	A
2	EC-7102	Energi Baru Dan Terbarukan	3	B+
3	EC-7103	Peralatan Tegangan Tinggi	2	B
4	EC-7104	Kendali Dan Instrumentasi Stl	3	B+
5	EC-7121	Praktikum Tegangan Tinggi Dan Simulasi Sistem	1	A
6	EC-7122	Praktikum Kendali Dan Proteksi	1	A
7	EC-7301	Kestabilan Sistem Tenaga Listrik	2	A
8	EC-7302	Keandalan Sistem Tenaga Listrik	2	B

No	Kode	Mata Kuliah	SKS	Nilai
<b>Semester 2</b>				
1	EB-2001	Aljabar Linier	2	B
2	EB-2002	Pemrograman 2	2	A
3	EB-2003	Sistim Digital	2	A
4	EB-2004	Dasar Telekomunikasi	2	A
5	EB-2021	Praktikum Sistem Digital	1	A
6	KA-2003	Pendidikan Kewarganegaraan	2	C
7	MB-2001	Kalkulus 2	3	B+
8	MB-2002	Fisika Dasar 2	2	B+
9	MB-2007	Probabilitas & Statistika	2	B+
10	MB-2021	Praktikum Fisika Dasar 2	1	A
<b>Semester 4</b>				
1	EB-4001	Rangkaian Listrik 2	2	B
2	EB-4002	Teknik Elektronika	3	A
3	EB-4003	Teknik Tenaga Listrik	3	A
4	EB-4004	Teknik Kendali	3	A
5	EB-4021	Praktikum Teknik Elektronika	1	B
6	EB-4022	Praktikum Dasar Tenaga Listrik	1	B+
7	EB-4023	Praktikum Teknik Kendali	1	B
8	MB-4001	Komputasi Numerik	2	A
9	MB-4021	Praktikum Komputasi Numerik	1	A
<b>Semester 6</b>				
1	EC-6101	Elektronika Daya	3	B+
2	EC-6102	Instalasi Tenaga Listrik	3	B
3	EC-6103	Analisa Sistem Tenaga Listrik 2	3	B+
4	EC-6104	Transmisi Tenaga Listrik	2	B+
5	EC-6105	Proteksi Tenaga Listrik	3	A
6	EC-6121	Praktikum Mesin Induksi Dan Tranformator	1	A
7	EC-6122	Praktikum Elektronika Daya Dan Instalasi Tenaga Listrik	1	A
8	PA-6001	Metode Penelitian	2	B
<b>Semester 8</b>				
1	EC-8101	Ekonomi Tenaga Listrik	2	A
2	EC-8102	Manajemen Proyek Tenaga Listrik	2	B
3	EC-8103	Operasi Stl	2	A
4	EC-8104	Topik Khusus Teknik Tenaga Listrik	2	A
5	EC-8316	Kapita Selekt Teknik Tenaga Listrik	2	A
6	EE-8001	Kerja Praktek & Seminar	2	A
7	KA-8005	Kuliah Kerja Nyata	2	A

Total SKS : 140  
 Total SKS Lulus : 140  
 Indeks Prestasi Kumulatif : 3.47

Dekan

Prof.Dr.Ir. Fabian Johannes Manoppo, M.Agr  
 Nip. 196210141992031001