

## Analisis Koordinasi Sistem Proteksi Penyulang Tamarunang saat Pelimpahan Beban dari Penyulang GHSM

Satriani Said Akhmad<sup>(1)</sup> Kurniawati Naim<sup>(2)</sup> Agus Salim<sup>(3)</sup> Alawy Parsan Parid Riati<sup>(4)</sup>

<sup>1</sup> Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang email: [satrianisaid86@gmail.com](mailto:satrianisaid86@gmail.com)

<sup>2</sup> Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang email: [nianaim@poliupg.ac.id](mailto:nianaim@poliupg.ac.id)

<sup>3</sup> Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang email: [agussalim16081967@gmail.com](mailto:agussalim16081967@gmail.com)

<sup>4</sup> Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang email: [alawyparsan9.6@gmail.com](mailto:alawyparsan9.6@gmail.com)



### Abstract

*Pada penelitian ini akan dilakukan penentuan setting alat proteksi yang terdapat dalam koordinasi sistem proteksi penyulang Tamarunang dengan adanya pelimpahan beban dari penyulang GHSM. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan setting koordinasi proteksi pada kondisi pelimpahan beban sesuai dengan standar IEEE 242-2001. Perhitungan setting dilakukan dengan metode diagram impedansi untuk kemudian menghitung arus hubung singkat tiap section. Maka didapatkan setting terbaik OCR PMT Exp GHSM, Basoi dan Mangasa sebagai outgoing masing-masing memiliki nilai TMS = 0,16, relay PMT Exp Malino memiliki nilai TMS = 0,24, pada relay PMT Recloser Rafis memiliki nilai TMS = 0,26, relay PMT Penyulang Tamarunang memiliki nilai TMS 0,35. Pada setting GFR PMT Exp GHSM, Basoi dan Mangasa sebagai outgoing masing-masing memiliki nilai TMS = 0,049, pada relay PMT Exp Malino memiliki nilai TMS = 0,174, pada relay PMT Recloser memiliki nilai TMS = 0,191, pada relay PMT Penyulang Tamarunang memiliki nilai TMS 0,257.*

**Keywords:** koordinasi, pelimpahan beban, sistem proteksi, OCR, GFR, TMS

## I. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan sumber energi utama dalam menggerakkan roda ekonomi masyarakat baik itu dalam bidang industri, hiburan, pariwisata, maupun kebutuhan pokok masyarakat dalam hal penerangan di rumah-rumah masyarakat.

Kebutuhan energi listrik untuk wilayah pusat kota Sungguminasa disuplai oleh Gardu Induk (GI) Sungguminasa melalui penyulang GHSM dan Tamarunang. Pada tanggal 30 Desember 2022 terjadi gangguan permanen akibat pohon tumbang pada jaringan distribusi 20 kV pada jurusan express penyulang GHSM yang mengakibatkan terputusnya aliran listrik menuju Gardu Hubung (GH) Sungguminasa, hal ini mengakibatkan terputusnya aliran listrik penyulang GHSM. Untuk mengurangi waktu pemadaman maka dilakukan pelimpahan beban dari sebagian penyulang GHSM ke penyulang Tamarunang.

Dalam melakukan pelimpahan beban penyulang harus mempertimbangkan jangkauan pengindraan peralatan proteksi dan koordinasi antar peralatan proteksi, hal ini sangat penting

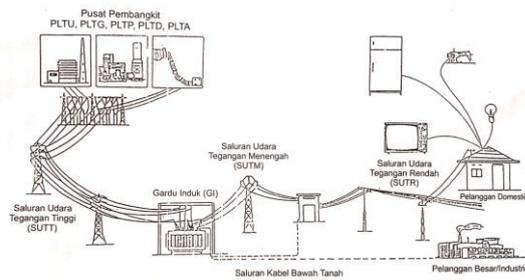
untuk menjamin keandalan sistem penyaluran tenaga listrik.[1] Panjang titik gangguan sangat berpengaruh pada perhitungan hubung singkat, semakin jauh titik gangguan maka semakin kecil arus hubung singkat yang terjadi. [2]

Dari uraian di atas maka penting untuk menentukan setting terbaik dan koordinasi peralatan proteksi Over Current Relay (OCR) dan Ground Fault Relay (GFR) dalam kondisi pelimpahan beban yang bersifat sementara, hal ini bertujuan untuk menjamin peralatan proteksi bekerja dengan baik apabila terjadi gangguan dimanapun titiknya.

## II. KAJIAN LITERATUR

### 2.1 Sistem Tenaga Listrik

Sistem Tenaga Listrik adalah sekumpulan Pusat Listrik dan Gardu Induk (Pusat Beban) yang satu sama lain dihubungkan oleh Jaringan Transmisi sehingga merupakan sebuah kesatuan interkoneksi.[3]



Gambar 1 Sistem Tenaga Listrik

## 2.2 Konfigurasi Jaringan

Dalam operasi sistem tenaga listrik terdapat berbagai konfigurasi jaringan distribusi primer yaitu [4] :

### 1. Konfigurasi Radial

Jaringan pola radial adalah jaringan yang tiap saluran primernya hanya mampu menyalurkan daya dalam satu arah.

### 2. Konfigurasi Spindel

Jaringan primer pola spindel merupakan pengembangan dari pola radial dan loop terpisah. Beberapa saluran yang keluar dari gardu induk diarahkan menuju suatu tempat yang disebut gardu hubung (GH), kemudian antara GI dan GH tersebut dihubungkan dengan satu saluran yang disebut express feeder.

### 3. Konfigurasi Loop

Jaringan pola loop adalah jaringan yang dimulai dari suatu titik pada rel daya yang berkeliling di daerah beban kemudian kembali ke titik rel daya semula.

## 2.3 Manuver

Manuver/manipulasi jaringan distribusi adalah serangkaian kegiatan membuat modifikasi terhadap operasi normal dari jaringan akibat adanya gangguan atau pekerjaan jaringan yang membutuhkan pemadaman tenaga listrik, sehingga dapat mengurangi daerah pemadaman dan agar tetap tercapai kondisi penyaluran tenaga listrik yang semaksimal mungkin. [5]

## 2.4 Metode Diagram Impedansi

Diagram Impedansi merupakan suatu metode untuk melakukan perhitungan nilai impedansi sistem dengan cara memodelkan komponen komponen sistem tenaga menjadi suatu model impedansi. Dengan metode diagram impedansi ini nantinya dapat menghitung besarnya arus hubung singkat yang akan mengalir dan dapat menghitung besarnya arus

kontribusi yang disumbangkan oleh komponen – komponen sistem tenaga listrik saat terjadi hubung singkat. [6]

## 2.5 Hubung Singkat

Gangguan hubung singkat yaitu gangguan akibat kesengajaan maupun tidak sengajanya pertemuan dua atau lebih titik yang tidak boleh bertemu pada suatu penyaluran jaringan listrik.

Gangguan hubung singkat terbagi menjadi beberapa jenis seperti [7]:

- a) Hubung singkat tiga fasa

$$I_{SC3\phi} = \frac{V_{L-N}}{X_1}$$

- b) Hubung singkat dua fasa

$$I_{SC2\phi} = \frac{V_{L-L}}{X_1 + X_2}$$

- c) Gangguan 1 fasa ke tanah

$$I_{SC1\phi} = \frac{3 \times V_{L-N}}{X_1 + X_2 + X_0 + (3 \times Z_g)}$$

## 2.6 Menghitung Impedansi [8]

- a. Persamaan Impedansi sumber

$$Z_{sc1} = \frac{kV^2}{MVA_{sc}}$$

- b. Persamaan Impedansi Transformator

$$Z_t(100\%) = \frac{kV^2}{MVA}$$

- c. Persamaan Impedansi penyulang

Urutan positif ( $Z_1$ ) dan negatif ( $Z_2$ )

$$Z_1 = Z_2 = \% km \times \ell \text{ penyulang} \times Z_1$$

Urutan nol ( $Z_0$ )

$$Z_0 = \% km \times \ell \text{ penyulang} \times Z_0$$

- d. Rumus Impedansi Ekvivalen Jaringan :

Perhitungan impedansi ekivalen urutan positif dan negatif

$$Z_{1eq} = Z_{2eq} = Z_{sc} + Z_r + Z_{1p}$$

Perhitungan impedansi ekivalen urutan nol

$$Z_{0eq} = Z_{T0} + 3R_N + Z_{0p}$$

## 2.7 Overcurrent Relay

*Overcurrent Relay* yang beroperasi ketika arus masuknya melebihi nilai yang telah ditentukan.[9] Hal ini tidak jauh beda pada operasi *Ground Fault Relay*.

2.8 Koordinasi Sistem Proteksi

Arus *setting pick-up* harus lebih besar dari arus *full load*, sehingga berdasarkan Standar British Bs 142-1983 batas penyetelan adalah  $1,05 - 1,3 I_{FL}$ . [10]

$$I_{set} \geq 1.05 I_n$$

*Setting* nilai time dial untuk masing-masing kurva *inverse relay* dapat menggunakan persamaan berikut sebagaimana standar IEC 60255-3 [11] :

$$td = \frac{k \times T}{\beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{set}} \right)^\alpha - 1 \right]}$$

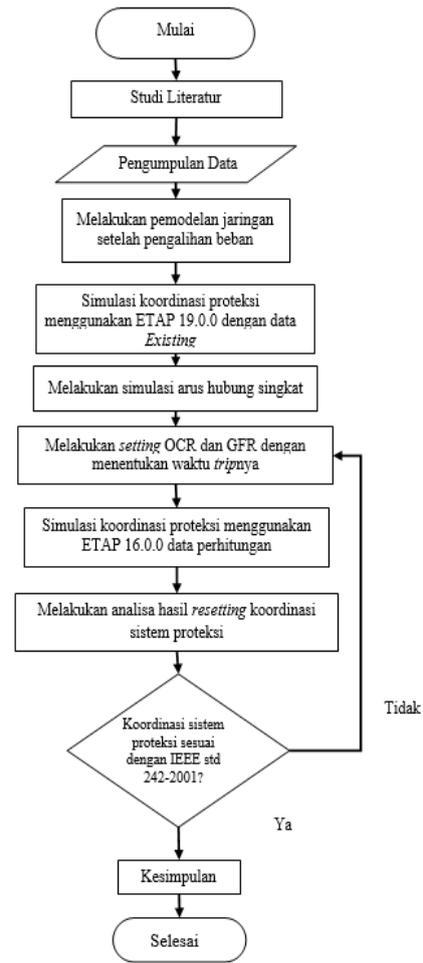
Berdasarkan IEEE 242 waktu tunggu minimum atau *coordination time interval (CTI)* adalah 0,2 – 0,4 detik.[12]

2.9 ETAP

ETAP (*Electric Transient and Analysis Program*) merupakan suatu perangkat lunak yang mendukung sistem tenaga listrik. Perangkat ini mampu bekerja dalam keadaan *offline* untuk simulasi tenaga listrik, online untuk pengelolaan data real-time atau digunakan untuk mengendalikan sistem secara *real-time*. [13]

III. METODE PENELITIAN

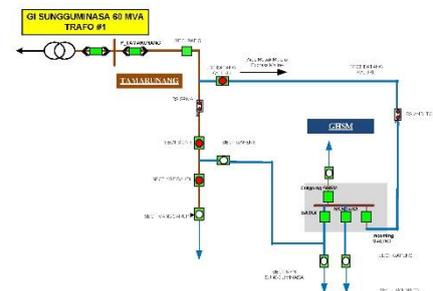
Pada penelitian ini dilakukan di PT. PLN (Persero) ULP Sungguminasa, UP3 Makassar Selatan yang terletak di Jl. Tumanurung No.5, Kalegowa, Kec. Somba Opu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan.



Gambar 2 Flow Chart

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Single Line Diagram (SLD) Penyulang Tamarunang dan GHSM

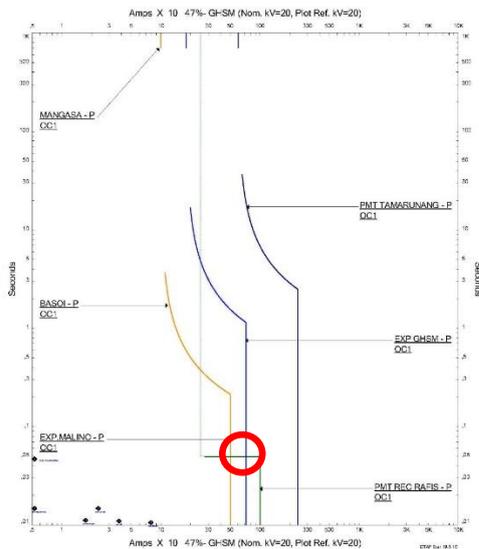


Gambar 3 Single Line Diagram (SLD) Penyulang Tamarunang dan GHSM

4.2 Simulasi Koordinasi Proteksi OCR & GFR Existing

Tabel 1 Setting Koordinasi Proteksi OCR Existing Penyulang Tamarunang dan GHSM

Setting	OCR			
	Tamarunang	Rec.Rafis	Malino	GHSM/Basoi/Mangasa
$I_s$ (A)	600	250	100	180
TMS	0,5	0,05	0,05	0,23
$I_{hs}$ (A)	2400	1000	400	720
$t_{hs}$ (sec)	0	0	0	0

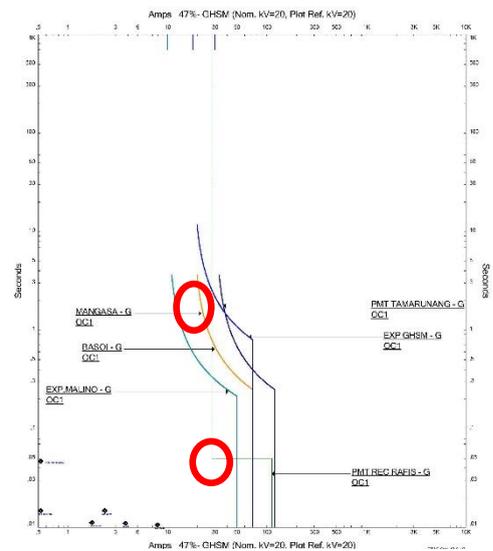


Gambar 4 Kurva Koordinasi Proteksi OCR Existing

Pada kurva di atas terlihat koordinasi proteksi antar relay OCR tidak berjalan dengan baik, hal ini terlihat kurva berpotongan antara relay Recloser Rafis dan Relay Mangasa. Kesalahan urutan koordinasi relay juga terlihat pada relay Exp Malino sebagai incoming GH Sungguminasa akan terlebih dahulu trip dibandingkan relay Exp GHSM sebagai outgoing.

Tabel 2 Setting Koordinasi Proteksi GFR Existing Penyulang Tamarunang dan GHSM

Setting	GFR			
	P.Tamarunang	Rec. Rafis	Malino	GHSM/Basoi/Mangasa
$I_s$ (A)	30	28	10	18
TMS	0,05	0,05	0,05	0,16
$I_{hs}$ (A)	120	112	40	72
$t_{hs}$ (sec)	0	0	0	0



Gambar 5 Kurva Koordinasi Proteksi GFR Existing

Pada kurva di atas terlihat bahwa kurva berpotongan pada antara relay recloser rafis dan relay mangasa, dan kurva relay GHSM berpotongan dengan relay penyulang tamarunang. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi kesalahan koordinasi antar relay penyulang.

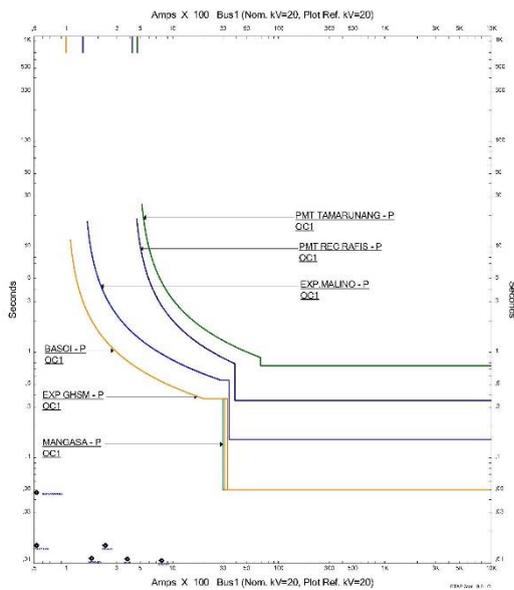
Hasil pengamatan kurva koordinasi relay existing menunjukkan terjadi kesalahan koordinasi antar relay ketika terjadi pengalihan beban dari penyulang GHSM ke penyulang Tamarunang dengan setting existing sehingga diperlukan pengaturan ulang menyesuaikan dengan beban yang dilimpahkan dan koordinasi pada relay.

### 4.3 Simulasi Koordinasi Proteksi OCR perhitungan

Hasil perhitungan resetting terbaru setelah pelimpahan beban disimulasikan menggunakan aplikasi ETAP untuk mengetahui apakah nilai resetting tersebut dapat bekerja secara optimal dan saling berkoordinasi.

Tabel 3 Setting Koordinasi Proteksi OCR Hasil Perhitungan

Setting	OCR			
	P.Tamarunang	Rec.Rafis	Malino	GHSM/Basoi/Mangasa
$I_s$ (A)	470	420	144	100
TMS	0,35	0,26	0,24	0,16
$I_{hs}$ (A)	6743,5	3880	2593	2593
$t_{hs}$ (sec)	0,75	0,35	0,15	0,05



Gambar 6 Kurva Koordinasi Proteksi OCR Hasil Perhitungan

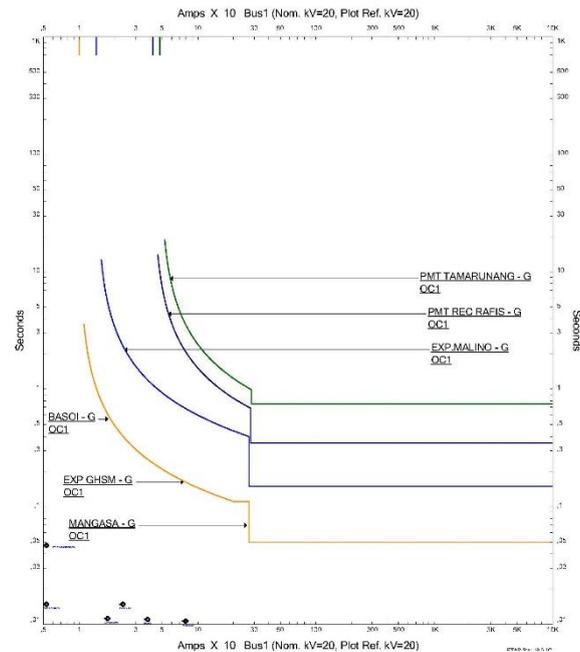
Pada simulasi koordinasi sistem proteksi penyulang tamarunang ketika pelimpahan beban penyulang GHSM menggunakan setting hasil perhitungan terlihat kurva di atas, terlihat kurva tidak ada yang saling berpotongan, kurva EXP GHSM, Mangasa dan Basoi bekerja dengan waktu yang sama dikarenakan setting TMS pada masing relay disetting sama sebagai outgoing GH Sungguminasa, setelah itu berturut-turut relay EXP Malino, relay Recloser Rafis dan PMT Penyulang Tamarunang. Kurva menunjukkan urutan koordinasi yang sudah sesuai dengan standar IEEE 242 - 2001.

#### 4.4 Simulasi Koordinasi Proteksi GFR Perhitungan

Hasil perhitungan resetting terbaru setelah manuver disimulasikan menggunakan aplikasi ETAP untuk mengetahui apakah nilai resetting tersebut dapat bekerja secara optimal dan saling berkoordinasi.

Tabel 4 Setting Koordinasi Proteksi GFR Hasil Perhitungan

Setting	GFR			
	P.Tamar unang	Rec.Rafis	Malino	Exp GHSM/Bas oi/Mangasa
$I_s$ (A)	47	42	14,4	10
TMS	0,25	0,17	0,17	0,059
$I_{hs}$ (A)	285	279	272	272
$t_{hs}$ (sec)	0,75	0,35	0,15	0,05



Gambar 7 Kurva Koordinasi Proteksi GFR Hasil Perhitungan

Pada simulasi koordinasi sistem proteksi penyulang tamarunang Ketika pelimpahan beban penyulang GHSM menggunakan *setting* hasil perhitungan terlihat kurva tidak ada yang saling berpotongan, kurva EXP GHSM, Mangasa dan Basoi bekerja dengan waktu yang sama dikarenakan *setting* TMS pada masing relay di *setting* sama sebagai *outgoing* GH Sungguminasa, setelah itu berturut-turut relay EXP Malino, relay Recloser Rafis dan PMT Penyulang Tamarunang. Kurva menunjukkan urutan koordinasi yang sudah sesuai dengan standar IEEE 242 - 2001.

#### V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan dengan judul “Analisis Koordinasi Sistem Proteksi Penyulang Tamarunang saat Pelimpahan Beban dari Penyulang GHSM” maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pada koordinasi sistem proteksi OCR dan GFR penyulang Tamarunang ketika mengalami pelimpahan beban menggunakan simulasi ETAP 19.0.0, dengan setting kondisi existing terdapat kesalahan urutan koordinasi antar relay sehingga relay tidak bekerja sesuai dengan daerah proteksinya. Terjadi overlap pada relay PMT Rafis dengan relay PMT Exp Malino, Basoi dan Mangasa. Sedangkan pada kondisi relay menggunakan setting perhitungan tidak terjadi overlap antar relay dan relay bekerja sesuai dengan urutan proteksi.
2. Didapatkan hasil perhitungan *setting* OCR Exp GHSM, Basoi dan Mangasa TMS = 0,16,

*relay* Exp Malino, Rec. Rafis, Penyulang Tamarunang memiliki nilai TMS masing-masing sebesar 0,24, 0,26, dan 0,35. Time high set masing-masing OCR adalah 0,05, 0,15, 0,35, dan 0,75 detik.

3. Didapatkan hasil perhitungan *setting* GFR PMT Exp GHSM, Basoi dan Mangasa TMS = 0,049, pada *relay* Exp Malino, Rec. Rafis, Penyulang Tamarunang memiliki nilai TMS masing-masing 0,174, 0,191, dan 0,257. Time high set masing-masing GFR adalah 0,05, 0,15, 0,35, dan 0,75 detik.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada semua pihak yang telah ikut membantu kelancaran penulisan jurnal ini khususnya kepada Bapak/Ibu : (1) Prof. Ir. Muhammad Anshar, M.Si., Ph.D. ; (2) Ahmad Rizal Sultan, S.T., M.T., Ph.D. ; (3) Ahmad Rosyid Idris. S.T., M.T., ; (4) Agus Salim, S.T., M.T. ; (5) Kuniawati Naim, S.T., M.T.; (6) Orang tua kami tercinta; (7) Teman-teman dan pihak-pihak lain yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu dalam jurnal ini.

### REFERENSI

- [1] N. A. Darmanto and S. Handoko, "Analisa Koordinasi Ocr - Recloser Penyulang Kaliwungu 03," *Transient*, vol. 8, no. 1, pp. 15–21, 2006, doi: <https://doi.org/10.12777/transmisi.8.1.15-21>.
- [2] L. Ali, A. Aksan, and A. R. Sultan, "Analisis Gangguan Hubung Singkat Pada Jaringan Distribusi 20 Kv Di Gardu Induk Daya," *Jurnal Ilmiah Flash*, vol. 5, no. 1, p. 16, Jun. 2019, doi: [10.32511/flash.v5i1.628](https://doi.org/10.32511/flash.v5i1.628).
- [3] D. Marsudi, *Operasi Sistem Tenaga Listrik*, 2nd ed. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2016.
- [4] Daman Suswanto, *Sistem Distribusi Tenaga Listrik*, 1st ed. Padang, 2009.
- [5] A. B. Muchamad, J. Juningtyastuti, and S. Handoko, "Analisis Koordinasi Over Current Relay Dan Recloser Akibat Adanya Manuver Jaringan Dari Penyulang 05 Ke Penyulang 07 Gardu Induk Weleri Kendal," *TRANSIENT*, vol. 6, no. 3, p. 239, Nov. 2017, doi: [10.14710/transient.6.3.239-246](https://doi.org/10.14710/transient.6.3.239-246).
- [6] R. Wahyudi, *Diktat Kuliah Pengaman Sistem Tenaga Listrik*. Surabaya: Institut Teknologi November.
- [7] Turan Gonen, *Electric Power Distribution Engineering*, 2nd ed. Boca Roton: CRC Press, 2014.
- [8] Kadarisman Pribadi and Wahyudi Sarimun, *Koordinasi Proteksi Distribusi*. Jakarta, 2012.
- [9] "IEEE Standard for Inverse-Time Characteristics Equations for Overcurrent Relays," in *IEEE Std C37.112-2018*, 2019, pp. 1–25.
- [10] British Standards Institution, *Electrical Protection Relays*. 1989.
- [11] International Electrotechnical Commission, "Measuring relays and protection equipment," in *IEC 60255-1:2022*, 2022.
- [12] IEEE Std 242-2001, "IEEE Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems (IEEE Buff Book)," 2001, doi: <https://doi.org/10.1109/ieeestd.2019.8635630>.
- [13] H. E. Patoding, *Buku ajar energi dan operasi tenaga listrik dengan aplikasi ETAP*. Deepublish, 2019.