

# ANALISIS KEGAGALAN KERJA *RELAY AUTO RECLOSE* PMT 7AB3 DI GISTET SAGULING

Mochammad Firdian Ramadhani Pratama<sup>1\*</sup>, Muchtar Ali Setyo Yudono<sup>2</sup>, Handrea Bernando Tambunan<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Teknik Elektro, Universitas Nusa Putra; Jl. Raya Cibolang Cisaat - Sukabumi No.21, Cibolang Kaler, Kec. Cisaat, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat 43152; (0266) 210594

Received: 21 Agustus 2024

Accepted: 5 Oktober 2024

Published: 12 Oktober 2024

## Keywords:

*Auto reclose relay; distribution of electrical energy; programmable scheme logic; temporary disturbance*

## Correspondent Email:

[firdian.ramadhani\\_te22@nusaputra.ac.id](mailto:firdian.ramadhani_te22@nusaputra.ac.id)

**Abstrak.** Sistem tenaga listrik meliputi pembangkit, transmisi (gardu induk dan saluran transmisi), serta distribusi. Gardu induk yang terhubung melalui saluran udara sering mengalami gangguan permanen atau temporer. Pada bay penghantar Bandung Selatan 2 di GISTET Saguling, terjadi gangguan temporer yang menyebabkan Pemutus Tenaga (PMT) 7A3 berhasil diaktifkan kembali oleh *relay auto recloser*, sedangkan PMT 7AB3 gagal beroperasi. Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi gangguan pada bay penghantar Bandung Selatan 2 dan menganalisis kegagalan *relay auto reclose* PMT 7AB3. Analisis mencakup verifikasi kesesuaian antara pengaturan standar dan data *setting* pada relay serta pemeriksaan *Programmable Scheme Logic* (PSL). *Troubleshooting* dilakukan dengan memodifikasi program PSL, yaitu memutuskan hubungan masukan L5 AR BLK 7AB dari keluaran Block CB2 AR, sehingga fungsi AR Block tidak aktif. Langkah ini bertujuan untuk memastikan *relay auto reclose* dapat memberikan perintah agar PMT 7AB3 dapat diaktifkan kembali. Hasil analisis dan *troubleshooting* ini diharapkan dapat memperbaiki kinerja sistem proteksi dan memastikan kelancaran penyaluran energi listrik di masa mendatang.

**Abstract.** The power system consists of generation, transmission (including substations and transmission lines), and distribution. Substations connected via overhead lines frequently experience either permanent or temporary faults. At the Bandung Selatan 2 bay in GISTET Saguling, a temporary fault occurred, causing Circuit Breaker (CB) 7A3 to be successfully reclosed by the auto recloser relay, while CB 7AB3 failed to operate. This study aims to investigate the fault at the Bandung Selatan 2 bay and analyze the failure of the auto reclose relay on CB 7AB3. The analysis includes verifying the alignment between standard settings and relay data settings, as well as examining the Programmable Scheme Logic (PSL). Troubleshooting was performed by modifying the PSL program, specifically by disconnecting the input L5 AR BLK 7AB from the output of Block CB2 AR, thereby deactivating the AR Block function. This measure aims to ensure that the auto reclose relay can successfully command CB 7AB3 to reclose. The findings from this analysis and troubleshooting are expected to enhance the performance of the protection system and ensure the continuity of power delivery in the future.

## 1. PENDAHULUAN

Pengelolaan sistem tenaga listrik secara terpadu bertujuan untuk mengoperasikan sistem dengan efisiensi ekonomi yang tinggi, sambil tetap memaksimalkan mutu dan keandalan, sehingga pelayanan kepada pelanggan dapat dilakukan secara berkesinambungan [1]. Listrik merupakan kebutuhan pokok bagi sebagian besar masyarakat di Indonesia, dan dalam hal ini, PT. PLN sebagai salah satu BUMN (Badan Usaha Milik Negara) bertanggung jawab atas pengelolaan kelistrikan di Indonesia, yang mencakup pembangkitan, penyaluran, distribusi, hingga penjualan energi listrik [2].

Secara umum, sistem tenaga listrik terdiri dari tiga komponen utama: pembangkit, transmisi (termasuk gardu induk dan saluran transmisi), serta distribusi. Dalam proses penyaluran energi listrik, gardu induk dihubungkan melalui Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) atau Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET). Selama penyaluran energi listrik, gardu induk yang terhubung melalui saluran udara ini sering mengalami gangguan, baik yang bersifat permanen maupun temporer [3].

Gangguan yang pada umumnya dialami pada bay penghantar adalah gangguan yang bersifat temporer [4]. Antisipasi yang biasa dilakukan pada gangguan yang bersifat temporer ini dipasang *relay auto reclose* yang berfungsi untuk memberi perintah *circuit breaker*/PMT untuk masuk kembali dengan tunda waktu [5].

Penelitian ini menganalisis kegagalan operasi *relay auto reclose* pada bay Bandung Selatan 2 di GISTET Saguling. Bay Bandung Selatan 2 di GISTET Saguling mengalami gangguan temporer pada 27 Februari 2024, di mana PMT 7A3 berhasil melakukan *reclose*, sementara PMT 7AB3 mengalami kegagalan dalam melakukan *reclose*. Kegagalan *reclose* pada PMT 7AB3 ini berpotensi mengganggu keandalan dan kestabilan penyaluran tenaga listrik.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Bagian ini akan membahas teori-teori pendukung yang relevan dengan penelitian ini.

### 2.1 Gardu Induk

Gardu induk adalah sebuah stasiun penghubung yang berfungsi menerima daya

listrik dari pusat pembangkit melalui saluran transmisi untuk kemudian disalurkan ke gardu distribusi hingga mencapai konsumen akhir [6]. Fungsi gardu induk mencakup [7].

1. Menerima dan menyalurkan tenaga listrik pada tegangan tertentu dengan aman dan andal sesuai kebutuhan.
2. Menyalurkan daya listrik ke gardu induk lainnya dan gardu distribusi melalui penyulang tegangan menengah.

### 2.2 Saluran Transmisi

Saluran transmisi merupakan sarana untuk menyalurkan energi listrik dari pusat pembangkit hingga sistem distribusi dan akhirnya sampai ke konsumen [8]. Sistem transmisi mengalirkan daya pada tegangan tinggi untuk meminimalkan kerugian transmisi akibat penurunan tegangan [9].

### 2.3 Gangguan Saluran Transmisi

Gangguan dalam sistem tenaga listrik merujuk pada kondisi tidak normal yang dapat mengganggu kontinuitas pelayanan tenaga listrik [10]. Berdasarkan durasi gangguan, gangguan dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori, yaitu [11].

1. Gangguan permanen, yang memerlukan tindakan perbaikan atau penghapusan penyebab gangguan untuk mengatasi masalah tersebut.
2. Gangguan temporer, yang dapat hilang dengan sendirinya atau diatasi dengan memutuskan sementara bagian yang terganggu dari sumber tegangannya.

### 2.4 Pemutus Tenaga (PMT)

Pemutus Tenaga (PMT) adalah peralatan saklar mekanis yang dirancang untuk menutup, mengalirkan, dan memutuskan arus beban dalam kondisi normal, serta menutup, mengalirkan (dalam periode waktu tertentu), dan memutuskan arus beban dalam kondisi abnormal atau gangguan, seperti pada kasus hubung singkat (*short circuit*) [12]. Dalam sistem 500 kV dengan konfigurasi satu setengah breaker, PMT harus dilengkapi dengan dua tripping coil untuk proteksi utama - a dan proteksi utama - b. Jenis PMT yang digunakan harus mendukung pola *Single Pole Auto Reclose* (SPAR), yaitu *single pole* dengan urutan kerja pengenalan [13].

## 2.5 Sistem Proteksi Saluran Transmisi

Sistem proteksi pada penghantar berfungsi untuk mengamankan dan mengisolasi gangguan [14]. Kegagalan dalam sistem proteksi dapat mengakibatkan kerusakan pada sistem tenaga listrik. Oleh karena itu, untuk memastikan efektivitas sistem proteksi dalam menangani gangguan dan menjaga kestabilan selama kondisi normal, diperlukan komponen utama seperti *Current Transformer* (CT), *Potential Transformer* (PT), *Circuit Breaker* (CB), catu daya, *Direct Current* (DC) atau *Alternating Current* (AC), teleproteksi yang terhubung dengan sistem perekam, *Supervisory Control And Data Acquisition* (SCADA), dan *relay* indikasi [15].

## 2.6 Relay Auto reclose

*Auto recloser* adalah perangkat yang berfungsi untuk mengirimkan perintah penutupan ke Pemutus Tenaga (PMT) setelah mempertimbangkan pengaturan pada *auto recloser* itu sendiri, serta perintah logika dari relay jarak atau relay diferensial penghantar, dan kondisi PMT [16]. Dalam kasus gangguan dengan pola *Single Pole Auto Reclose* (SPAR) dan *Tri Pole Auto Reclose* (TPAR), hanya PMT pada fasa yang mengalami gangguan yang akan menjalani proses *reclose*. Fasa lainnya yang tidak terganggu tetap akan melanjutkan penyaluran energi listrik [17].

## 2.7 Programmable Scheme Logic (PSL)

Tujuan dari *programmable scheme logic* (PSL) adalah untuk memungkinkan pengguna *relay* untuk mengkonfigurasi individu skema perlindungan yang sesuai dengan aplikasi khusus mereka. Ini dilakukan melalui penggunaan gerbang logika yang dapat diprogram dan pengatur waktu tunda [18].

## 3. METODE PENELITIAN

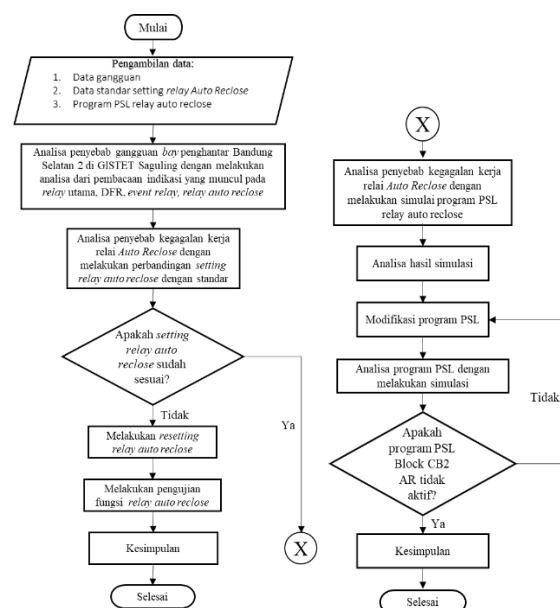
Penelitian ini dilaksanakan di PT. PLN (Persero) Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi Saguling dari bulan Maret 2024 hingga Juni 2024. Data yang diperlukan untuk penelitian ini meliputi:

- Diagram satu garis (*single line diagram*) dari PT. PLN (Persero) Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi Saguling.
- Data gangguan yang terjadi pada 27 Februari 2024 pada bay penghantar

Bandung Selatan 2 di PT. PLN (Persero) Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi Saguling.

- Data mengenai *relay* proteksi yang terpasang pada bay penghantar Bandung Selatan 2 di PT. PLN (Persero) Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi Saguling.
- Data terkait *relay auto reclose* yang digunakan pada bay penghantar Bandung Selatan 2 di PT. PLN (Persero) Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi Saguling.

Analisis yang dilakukan mencakup pencatatan indikasi yang muncul pada *relay* utama penghantar, yang kemudian dianalisis untuk menentukan penyebab gangguan. Selain itu, mengingat terjadinya kegagalan pada *relay auto reclose* 7AB3 selama gangguan, dilakukan pula analisis untuk mengidentifikasi penyebab kegagalan kerja *relay auto reclose* tersebut. Metode penelitian untuk menganalisis kegagalan kerja *relay auto reclose* pada PMT 7AB3 di GISTET Saguling diuraikan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Diagram Alir Analisa Kegagalan Kerja Relay Auto reclose

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembacaan data rekaman gangguan dilakukan pada indikasi yang muncul pada annunciator pada panel kontrol, indikasi yang muncul pada *relay* main A dan main B pada bay

yang terganggu, event *relay*, dan data *Disturbance Fault Recorder* (DFR).



Gambar 2. Indikasi pada annunciator panel kontrol

Berdasarkan indikasi yang muncul pada annunciator di GISTET Saguling, didapatkan bahwa ada 2 indikasi yang muncul yaitu Bandung – 2 Line Pro Operate dan Bay -3 CB Heavy Fault.



Gambar 3. Indikasi relay main A bay Bandung Selatan 2

Indikasi yang muncul pada relay main A bay penghantar Bandung Selatan 2 di GISTET Saguling yaitu *Trip*, *Alarm*, *Phase R Trip*, *Zone 1 Trip*, *CB A Close*, *CB AB Open*, Arus Gangguan Fasa R-N = 29,13 kA (IS= 0,32 kA; IT= 0,29 kA; IN= 29,5 kA), dan FL (*fault location*) = 544,3 ms



Gambar 4. Indikasi relay main B bay Bandung Selatan 2

Indikasi yang muncul pada relay main B bay penghantar Bandung Selatan 2 di GISTET Saguling yaitu *DIST*, *AIDED 1*, *Phase R*, *Phase N*, *Zone 1*.



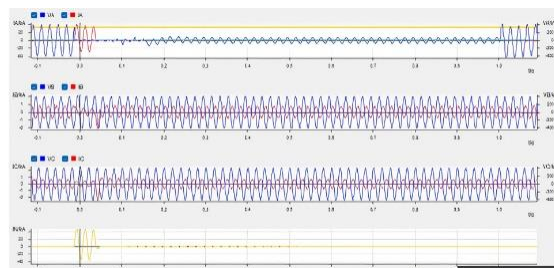
Gambar 5. Indikasi Relay auto reclose bay Bandung Selatan 2 di GISTET Saguling

Indikasi *Relay auto reclose* bay Bandung Selatan 2 di GISTET Saguling yaitu *Initiate* fase R, *CB AB Lockout*, *Block AR*.



Gambar 6. Indikasi Relay auto reclose bay Bandung Selatan 2 di GISTET Saguling

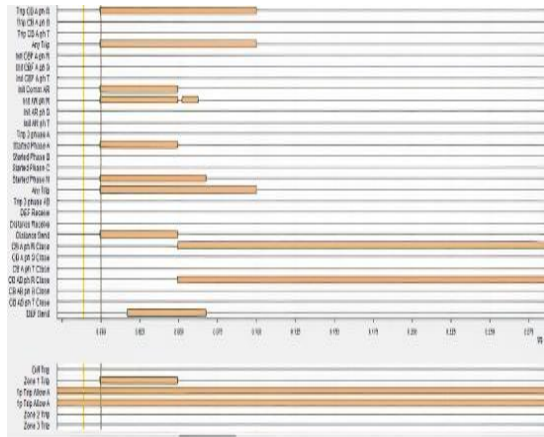
Indikasi yang muncul pada annunciator di panel diameter 3 menunjukkan 30 – 47G. Menurut buku Petunjuk Pengoperasian Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi Saguling untuk 30 – 47H merupakan indikasi PMT 7AB3 1 fasa tidak serempak yang menyebabkan PMT 7AB3 trip [19].



Gambar 7. Rekaman DFR

Berdasarkan rekaman gangguan pada DFR di atas didapatkan indikasi bahwa fasa yang terganggu adalah fasa R-N pada zone 1. Drop tegangan pada fasa R sendiri mencapai 139,55 kV dan lonjakan arus sesaat pada fasa R yang

ditunjukkan pada grafik dengan garis warna merah. Lonjakan arus hanya terjadi pada selang waktu beberapa *mili second* sebesar 29,13 kA pada fasa yang terganggu (fasa R).



Gambar 7. Event Relay bay Bandung Selatan 2

Berdasarkan hasil rekaman *event relay* pada bay Bandung Selatan 2, dapat disimpulkan bahwa gangguan terjadi pada fasa R, sehingga relay proteksi utama mengirimkan sinyal *trip* untuk memutuskan Pemutus Tenaga (PMT) 7A3 dan 7AB3 pada fasa yang terganggu. Mengingat gangguan tersebut bersifat sesaat, relay proteksi utama juga mengirimkan sinyal ke *relay auto reclose* untuk melakukan operasi penutupan kembali. *Relay auto reclose* kemudian memberikan perintah untuk mengembalikan fasa R pada PMT 7A3 dan PMT 7AB3 ke kondisi operasional. Berdasarkan analisis hasil pembacaan *event relay* tersebut, dapat disimpulkan bahwa *relay* berfungsi dengan benar sesuai dengan desain proteksi yang diharapkan.

*Review* terhadap *setting relay auto reclose* pada bay Bandung Selatan 2 di GISTET Saguling dilakukan dengan membandingkan *setting relay* yang terpasang dengan standar yang berlaku. Berikut ini disajikan perbandingan antara *setting relay auto reclose* bay Bandung Selatan 2 di GISTET Saguling dengan standar setelah *relay proteksi auto reclose* yang ditetapkan oleh PT. PLN (Persero) Unit Induk Transmisi Jawa Bagian Tengah.

Tabel 1. Perbandingan *setting relay* yang terpasang dengan standar yang berlaku

Nama	Setting	
	Relay Terpasang	Standar

Num CBs	Both CB1&CB2	Both CB1&CB2
Lead/Foll ARMode	AR Opto	AR Opto
Leader Select By	Leader By Opto	Leader By Opto
BF if Lfail Cls	Disabled	Disabled
Dynamic F/L	Enabled	Enabled
AR Shots	1	1
AR Skip Shot 1	Disabled	Disabled
Multi Phase AR	Allow Autoclose	Allow Autoclose
Discrim Time	800.0 ms	0.850 ms
CB IS Time	5.000 s	5.000 s
CB MemoryTime	500.0 ms	500.0 ms
DT Start by Prot	Protection OP	Protection OP
DTStart by CB Op	Disabled	Disabled
SP AR Dead Time	0.900 s	0.900 s
3P AR DT Shot 1	3.000 s	3.000 s
3P AR DT Shot 2	60.00 s	60.00 s
3P AR DT Shot 3	60.00 s	60.00 s
3P AR DT Shot 4	60.00 s	60.00 s
Follower Time	100.0 ms	100.0 ms
SPAR ReclaimTime	40.0 s	40.0 s
3PAR ReclaimTime	40.0 s	40.0 s
AR CBHealtyTime	5.000 s	500.0 ms
AR CheckSyncTime	5.000 s	5.000 s
CB1L SC all	Enabled	Enabled
CB1L SC Shot	Enabled	Enabled
CB1L SC ClsNoDly	Disabled	Disabled
CB1L SC CS1	Enabled	Enabled
CB1L SC CS2	Disabled	Disabled
CB1L SC DLLB	Enable	Enabled
CB1L SC LLDB	Enable	Enabled
CB1L SC DLDB	Enable	Enabled
CB2F SC all	Enable	Enabled
CB2F SC SC Shot 1	Enable	Enabled
CB2F SC CS 1	Enable	Enabled
CB2F SC CS 2	Disabled	Disabled
CB2F SC DLLB	Enabled	Enabled
CB2F SC LLDB	Enabled	Enabled
CB2F SC DLDB	Enabled	Enabled

Berdasarkan analisa perbandingan *setting* yang digunakan pada *relay auto reclose* bay Bandung Selatan 2 menunjukkan kesesuaian dengan standar setelah *relay auto reclose* yang di-release oleh PT. PLN (Persero) Unit Induk Jawa Bagaian Tengah. Akan tetapi terdapat



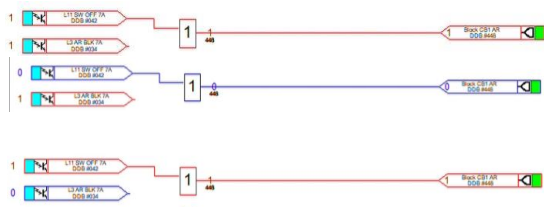
perbedaan dua item *setting* antara *relay auto reclose* bay Bandung Selatan 2 dengan standar yaitu pada *setting* nilai *Discrim Time* dan *AR CBHealthyTime*. Akan tetapi hal tersebut dapat diabaikan sebagai penyebab kegagalan kerja *relay auto reclose* dikarenakan dua *setting* tersebut tidak berkaitan dengan kerja *relay auto reclose*.

Dikarenakan analisa perbandingan *setting relay auto reclose* dengan standar didapatkan kesesuaian, selanjutnya dilakukan analisa program PSL pada *relay auto reclose* Bandung Selatan 2. Pada saat terjadi gangguan tanggal 27 Februari 2024, indikasi *Block AR* pada *relay auto reclose* bay Bandung Selatan 2 muncul. Hal tersebut dapat dianalisa menggunakan program PSL dikarenakan pada program PSL ini terdapat gerbang logika untuk *Block AR*.



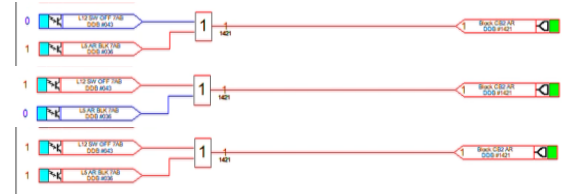
Gambar 8. Program PSL switch AR

Analisa pertama yang harus dilakukan adalah dengan melakukan running program PSL tersebut untuk dapat mengetahui aliran sinyal dari binary masukan menuju binary keluaran. Adapun beberapa kondisi dari program PSL *relay auto reclose* bay Bandung Selatan 2 di GISTET Saguling setelah di-running. Kondisi ini berupa kondisi keluaran saat diberi masukan nilai logika 1 maupun 0. Kondisi keluaran ini dibedakan atas dua keluaran yaitu kondisi pada keluaran *Block CB1 AR* dan kondisi pada keluaran *Block CB2 AR*.



Gambar 9. Kondisi keluaran *Block CB1 AR*

Pada gambar di atas ditunjukkan beberapa kondisi keluaran *Block CB1 AR* jika masukan L11 SW OFF 7A dan L3 AR BLK 7A mengirim sinyal nilai logika 1 (merah) maupun nilai logika 0 (biru).



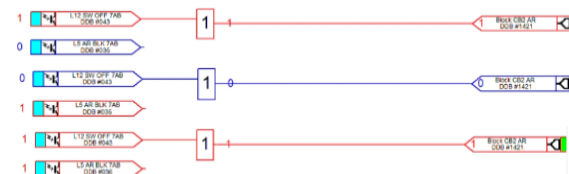
Gambar 10. Kondisi keluaran *Block CB2 AR*

Pada gambar 10 di atas ditunjukkan beberapa kondisi keluaran *Block CB2 AR* jika masukan L12 SW OFF 7AB dan L5 AR BLK 7AB mengirim sinyal nilai logika 1 (merah) maupun nilai logika 0 (biru). Pada saat terjadinya gangguan, *Block CB2 AR* ini aktif dikarenakan masukan L5 AR BLK 7AB mengirimkan sinyal logika 1 yang mengaktifkan blok *auto reclose* yang menyebabkan *relay auto reclose* tidak dapat bekerja sehingga PMT tidak bisa *reclose*. Oleh karena itu perlu dilakukan modifikasi untuk program PSL pada blok AR PMT 7AB agar PMT 7AB dapat *reclose* saat terjadi gangguan temporer 1fasa ke tanah.



Gambar 11. Program PSL *relay auto reclose* setelah dimodifikasi

Modifikasi program PSL pada *relay auto reclose* yang dilakukan adalah dengan memutus hubungan masukan L5 AR BLK 7AB ke keluaran *Block CB2 AR*. Adapun beberapa kondisi dari program PSL *relay auto reclose* bay Bandung Selatan 2 yang telah dimodifikasi.



Gambar 12. Kondisi Keluaran *Block CB2 AR* setelah modifikasi.

Dengan modifikasi tersebut maka untuk keluaran *Block CB2 AR* hanya akan aktif jika mendapatkan masukan nilai logika 1 oleh L12 SW OFF 7AB yaitu dengan mengubah *switch AR* menjadi OFF. Untuk fungsi masukan L5 AR BLK 7AB menjadi tidak digunakan untuk menghindari kejadian

kegagalan kerja *relay auto reclose* saat terjadi gangguan 1 fasa ke tanah temporer yang dikarenakan blok AR yang kerja karena diaktifkan oleh Keluaran CB2 AR.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa yang dilakukan terkait gangguan yang terjadi pada bay penghantar Bandung Selatan 2 di GISTET Saguling pada tanggal 27 Februari, gangguan merupakan gangguan fasa R ke tanah dengan nilai arus sebesar 29,13 kA. Gangguan bersifat sementara sehingga *relay auto reclose* memberi perintah *reclose* pada PMT 7A3 dan PMT 7AB3 akan tetapi *relay auto reclose* mengalami kegagalan kerja yang menyebabkan PMT 7AB3 trip 3 fasa. Analisa perbandingan *setting relay auto reclose* dengan standar *setting* dilakukan untuk menganalisa penyebab kegagalan kerja *relay auto reclose* dan didapatkan hasil bahwa *setting relay* yang terpasang sesuai dengan standar. Selanjutnya dilakukan analisa program PSL dengan melakukan simulasi dan modifikasi pada rangkaian PSL *relay auto reclose* dengan memutus hubungan masukan L5 AR BLK 7AB ke keluaran *Block* CB2 AR. Hal ini bertujuan untuk memutus sinyal dari masukan L5 AR BLK 7AB ke keluaran *Block* CB2 AR dikarenakan masukan L5 AR BLK 7AB ini dapat aktif kembali saat terjadi gangguan serupa. Dengan demikian keluaran *Block* CB2 AR hanya akan aktif jika mendapatkan masukan nilai logika 1 oleh L12 SW OFF 7AB yaitu dengan mengubah switch AR menjadi OFF.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Laksono and M. , Dr. Susatyo Handoko, ST., “Analisis Gangguan Pada Penghantar Bay Line Gi Kapal- Gis Celukan Gis Celukan Bawang Dengan DFR ( Disturbance Fault Recorder),” *Univ. Diponegoro*, vol. 10, no. iiiiii, pp. 1–7, 2016.
- [2] N. Soedjarwanto, K. E. Kines, and S. A. Aulia, “Analisis Susut Daya (Losses) Pada Penyulang Rayap Pt Pln (Persero) Uid Lampung Berbasis Aplikasi Etap 19.0.1,” *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 2, pp. 956–962, 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i2.4072.
- [3] Milad Diansyah, “Analisa Spar Dan Tpar Terhadap Kegagalan Relai *Auto recloser* Pada Sutt Depok-Cawang 2,” 2021.
- [4] S. Nawir and M. I. Saputra, “Analisis *Auto reclose* Saluran Udara Tegangan Tinggi (Sutt) Di Pt.Pln (Persero) Unit Transmisi Dan Gardu Induk Panakkukang,” 2017.
- [5] M. Alimuddin, ST., “Analisa Kerja *Recloser* Untuk Memproteksi Jaringan Distribusi Di Pt. Pln (Persero) Area Sorong,” *Univ. Nisant. PGRI Kediri*, vol. 01, pp. 1–7, 2017.
- [6] A. Hafid and D. Debiana, “Studi Transformator Pada Gardu Induk Panakkukang Perusahaan Listrik Negara Wilayah III,” *Vertex Elektro*, vol. 1, no. 2, pp. 12–18, 2019, doi: 10.26618/jte.v1i2.2380.
- [7] J. S. Samuel Marco Gunawan, “Analisa Perancangan Gardu Induk Sistem Outdoor 150 kV di Tallasa, Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan,” *Dimens. Tek. Elektro*, vol. 1, no. 1, pp. 37–42, 2013.
- [8] C. A. Santjiatodjaja, L. S. Patras, and G. Mangindaan, “Analisa Gelombang Berjalan Pada Saluran Transmisi 70 kV Gardu Induk Teling,” *Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 8, no. 1, pp. 1–8, 2019.
- [9] Jumari, A. Malau, and Yahya Tarjan Ginting, “Analisa Distorsi Tegangan Pada Saluran Transmisi 150kv Pt.Pln (Persero) Gardu Induk Namorambe,” *J. Teknol. Energi Uda*, vol. 10, no. 1, pp. 35–39, 2021.
- [10] M. Marwan, R. L, and N. M. Samsul, “Analisis Gangguan Tidak Seimbang pada Line Transmisi GI Sungguminasa-GI Tallasa,” *INTEK J. Penelit.*, vol. 3, no. 2, p. 102, 2016, doi: 10.31963/intek.v3i2.60.
- [11] J. Naomi and V. Wasida, “Analisa Efek Korona pada Saluran Transmisi Gardu Induk Paniki,” *Anal. Efek Korona pada Saluran Transm. Gardu Induk Paniki*, p. 10, 2021.
- [12] PT. PLN (Persero)SKDIR0520, *Pemutus Tenaga*. 2014.
- [13] Karyono, *Pedoman dan Petunjuk Sistem Proteksi Transmisi dan Gardu Induk Jawa Bali*, vol. 1, no. September. 2013.
- [14] S. Muammar Zainuddin, “*Setting* Koordinasi Proteksi Distance *Relay* pada Saluran Transmisi 150 KV Gardu Induk Isimu ke Gardu Induk Botupingge PT . PLN ( Persero ) Sistem Gorontalo,” *Radial*, vol. 1, no. 2, pp. 78–89, 2019.
- [15] N. B. Dharmawan, W. G. Ariastina, and A. A. N. Amrita, “Studi Sistem Proteksi Line Current Differential *Relay* Pada Saluran Transmisi 150 Kv,” *J. SPEKTRUM*, vol. 7, no. 1, p. 152, 2020, doi: 10.24843/spektrum.2020.v07.i01.p22.
- [16] M. I. D. Ardiansyah Anas, “Pembuatan Dummy *Circuit breaker* Untuk Pengujian Karakteristik *Auto recloser*,” 2023.
- [17] N. Mahmudah, “Analisis Stabilitas Transient dengan Mempertimbangkan Respon Stabil dari Sudut Rotor, Frekuensi dan Tegangan di Sistem Sumatera Utara 150kV/275kV

- Berdasarkan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) Tahun 2023,” 2018.
- [18] K. S. N. Reddy and K. Giridhar, “Computations of *Relay Settings* and Development of *Programmable Scheme Logic* for a Numerical Distance *Relay*,” *Adv. Technol. Innov. Res.*, vol. 3, no. 2, pp. 201–205, 2013.
- [19] PT. PLN (Persero) UITJBT GISTET Saguling, *Prosedur Pengoperasian Peralatan Gardu Induk 500 Kv Gistet Saguling Pt Pln (Persero) Unit Pelaksana Transmisi Bandung*. 2024.