

# Optimalisasi Sistem Operasi pada Penyulang Spindel Mandira Menggunakan Proteksi Section 2 dalam Mendukung KTT G20

I Wayan Sukadana<sup>1</sup>, dan Laily Ramadhini.<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Elektro, Universitas Pendidikan Nasional Denpasar

Jl. Bedugul No. 39 Sidakarya, Denpasar Selatan, Bali.

e-mail: sukadana@undiknas.ac.id

**Abstrak** — Penyulang Mandira menyuplai listrik pada titik beban pelanggan premium/VIP serta venue KTT G20 di Nusa Dua. antisipasi yang dilakukan adalah dengan metode section technique, dimana kubikel LBS GD Pelanggan diganti kubikel CBO sebagai proteksi section 2 pada Penyulang Spindle Mandira untuk menekan SAIDI, SAIFI, ENS. Implementasi penempatan relay baru di GD menggunakan metode FMEA dan diperoleh rencana lokasi yang memenuhi standar, lokasi 8 yaitu GD Matahari Bungalow dengan perhitungan keandalan SAIDI = 0,5249 jam/tahun, SAIFI = 0,8598 kali/tahun, dan ENS = 6.986,80 kWh/tahun. Berdasarkan perhitungan setelan arus dan Time Multiple Setting (TMS), GD menggunakan setelan perhitungan relay Penyulang Mandira pada kondisi eksisting, namun setting keterlambatan waktu kerja relay OCR dan relay GFR GD yang belum memenuhi standar IEEE Std 242-1986 0,2 – 0,4 detik, nilai relay OCR lebih kecil dari standar dan nilai relay GFR cenderung lebih besar. Hal ini dikhawatirkan akan menyebabkan OCR bekerja kurang selektif sehingga untuk mengantisipasi grading time relay tersebut, maka dilakukan tindakan alternatif dengan mengganti karakteristik relay OCR GD dari standard inverse menjadi instantaneous relay sedangkan untuk relay GFR GD hanya mengubah waktu kerja untuk relai paling hilir menjadi 0,2 detik.

**Kata kunci:** *G20, CBO, Section Technique, FMEA, Relay*

**Abstract**—Mandira feeder supplies electricity to premium/VIP customer and G20 Summit venue in Nusa Dua. Anticipation was carried out using the section technique method, where the Customer's GD LBS cubicle was replaced with a CBO cubicle as section 2 protection on Mandira Spindle Feeder to suppress SAIDI, SAIFI, ENS. Implementation of the placement of new relays in GD using the FMEA method and obtained a location plan that meets the standards, GD Matahari Bungalow with SAIDI reliability calculations = 0.5249 hours/year, SAIFI = 0.8598 times/year, and ENS = 6986.80 kWh/year. Based on the calculation of the current setting and TMS, GD uses the calculation settings of Mandira Feeder relay in the existing conditions, but the delay setting of the OCR relay and OCR GD relay does not meet the IEEE 242-1986, OCR relay value is smaller than the standard and GFR relay value tends to be larger. This is feared will cause OCR to work less selectively so to anticipate the grading time relay, an alternative action is taken by changing the characteristics of OCR GD relay from standard inverse to instantaneous relay while for GFR GD relay it only changes the working time for the most downstream relay to 0.2s

**Keywords:** *G20, CBO, Section Technique, FMEA, Relay*

## I. PENDAHULUAN

Konferensi Tingkat Tinggi (KTT) G20 adalah forum kerja sama multilateral yang terdiri dari 19 negara utama dan Uni Eropa (EU) dimana pada tahun 2022 perhelatan tersebut akan dilaksanakan di Nusa Dua, Bali, Indonesia.

Penyulang Mandira, salah satu jaringan tegangan menengah spindle yang menyuplai pasokan listrik pada titik – titik beban pelanggan yang didominasi pelanggan premium/VIP dan venue penyelenggaraan selama G20. berlangsung. Konstruksi sistem spindle penyulang mandira menggunakan konstruksi penghantar melalui kabel bawah tanah dengan panjang jaringan sebesar 13,54 kms yang

menyuplai 17 gardu distribusi pelanggan Premium/VIP dengan beban sebesar 13.756,40 kW.

PLN UP2D Bali melakukan evaluasi dan mitigasi dengan menggunakan metode section technique pada penyulang mandira dengan mengganti kubikel Load Break Switch (LBS) pada gardu distribusi (GD) Pelanggan menjadi kubikel Circuit Breaker Outgoing (CBO) sebagai proteksi section 2 pada Penyulang Spindle Mandira sebagai langkah untuk menekan besarnya nilai SAIDI, SAIFI, ENS dan juga menjaga citra perusahaan dalam mendukung KTT G20 di Kawasan Nusa Dua.

## II. STUDI PUSTAKA

### A. Sejarah KTT G20

Berbeda dari kebanyakan forum multilateral lainnya, G20 tidak memiliki sekretariat tetap sehingga fungsi presidensi dipegang oleh salah satu negara anggota yang berganti setiap tahun sebagaimana yang ditetapkan pada Riyadh Summit 2020, Indonesia ditunjuk sebagai presidensi G20 pada 2022, dengan serah terima yang dilakukan pada akhir KTT Roma (30-31 Oktober 2021). Adapun manfaat yang didapatkan selama penyelenggaraan KTT G20 di Indonesia antara lain membuktikan persepsi yang baik atas ekonomi Indonesia terhadap krisis, pengakuan di mata dunia atas status Indonesia sebagai salah satu negara dengan perekonomian terbesar di dunia, momentum perhelatan yang hanya terjadi satu kali dalam 20 tahun, serta sebagai ajang untuk memperkenalkan pariwisata dan produk unggulan Indonesia kepada dunia internasional sehingga diharapkan dapat meningkatkan ekonomi Indonesia.

### B. Konfigurasi Sistem Jaringan Distribusi

Sistem distribusi mempunyai beberapa jenis sistem jaringan yang dimana setiap sistem mempunyai keunggulan dan kekurangan. Penentuan sesuatu sistem berdasarkan dari kebutuhan pelanggan ataupun demand beban pada daerah itu sendiri, sehingga semakin besar dan kompleks beban yang dilayani di suatu kawasan/daerah, maka maka akan semakin banyak jumlah penyulang yang diperlukan. Pengelompokan beberapa penyulang dapat membentuk beberapa tipe sistem jaringan distribusi primer. Berdasarkan bentuk atau polanya, tipe sistem jaringan distribusi primer yaitu Pola Radial, Pola Loop, dan Pola Spindel [1].

### C. Kubikel Tegangan Menengah

Berdasarkan fungsi dan nama peralatan yang terpasang kubikel dibedakan menjadi beberapa jenis yaitu [5] :

#### (1) Kubikel Pemutus Tenaga (PMT/CB)

Berfungsi untuk membuka dan menutup aliran listrik dalam keadaan berbeban atau tanpa beban, termasuk memutus pada saat terjadi gangguan hubung singkat.

#### (2) Kubikel Pemutus Tenaga (PMT/CBOM)

Berfungsi memutus dan menghubungkan arus listrik dengan cepat baik dalam keadaan normal maupun gangguan. Kubikel ini disebut juga dengan istilah kubikel PMT (pemutus tenaga) yang dilengkapi dengan relay proteksi circuit breaker (PMT, CB).

#### (3) Kubikel Load Break Switch (LBS)

Berfungsi berfungsi untuk membuka dan menutup aliran listrik dalam keadaan berbeban atau tidak berbeban.

### D. Sistem Proteksi Tenaga Listrik

Proteksi distribusi merupakan perlindungan yang terpasang di sistem distribusi tenaga listrik, bertujuan untuk mencegah, meminimalisir kerusakan pada jaringan dan peralatan serta bertujuan untuk keselamatan umum. (Sarimun, 2012:26)

Beberapa persyaratan terpenting yang harus dipenuhi dari sistem proteksi yaitu [6] :

#### (1) Kepekaan (Sensitivity), Peralatan proteksi harus dapat merasakan gangguan dengan rangsangan minimum dari sumber gangguan.

(2) Keandalan (Reliability), Sistem proteksi harus dapat diandalkan selama mungkin, sehingga ketika terjadi gangguan atau kondisi tidak normal maka sistem proteksi dapat bekerja sewaktu-waktu untuk melindungi peralatan distribusi.

(3) Selektifitas (Selectivity), Peralatan proteksi harus selektif pada sistem yang terkena gangguan, sehingga sistem yang tidak terkena gangguan tidak dipengaruhi.

(4) Cepat (Speed), Untuk memperkecil/meminalisir kerugian akibat gangguan, maka bagian yang terganggu harus dipisahkan secepatnya, sehingga peralatan proteksi dapat bekerja secara cepat untuk meminimalisir bagian yang terganggu.

(5) Sederhana (Simple), Peralatan proteksi diutamakan mempunyai cara beroperasi yang sederhana dan fleksibel agar memudahkan dalam operasi dan pemeliharaannya.

(6) Ekonomis (Economic), Dengan biaya yang seefisien mungkin, diharapkan sistem proteksi dapat beroperasi seoptimal mungkin seperti yang direncanakan.

### E. Gangguan Hubung Singkat

Gangguan hubung singkat adalah suatu kondisi pada sistem tenaga dimana penghantar yang berarus terhubung dengan penghantar lain atau dengan tanah sehingga menyebabkan kenaikan arus secara berlebihan atau biasa disebut arus lebih [4].

Gangguan hubungan singkat yang mungkin terjadi dalam jaringan (sistem kelistrikan) [2], yaitu :

(1) Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa;

(2) Gangguan Hubung Singkat 2 Fasa;

(3) Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah;

Dari ketiga macam gangguan hubung singkat di atas, arus ganggunanya dihitung dengan menggunakan rumus umum (hukum ohm) yaitu :

$$I=V/Z$$

Yang membedakan gangguan hubung singkat 3 fasa, 2 fasa dan 1 fasa ke tanah adalah impedansi yang terbentuk sesuai dengan macam gangguan itu sendiri dan tegangan yang memasok arus ke titik gangguan, impedansi yang terbentuk dapat ditunjukkan seperti berikut :

$$Z \text{ gangguan 3 fasa},$$

$$Z = Z_1$$

$$Z \text{ gangguan 2 fasa},$$

$$Z = Z_1 + Z_2$$

$$Z \text{ gangguan 1 fasa ke tanah},$$

$$Z = Z_1 + Z_2 + Z_0$$

### F. Peralatan Proteksi Pelanggan

Relay pengaman dengan kemampuan selektif yang baik dibutuhkan untuk mencapai keandalan sistem yang tinggi karena tindakan pengaman yang cepat dan tepat akan dapat mengurangi gangguan menjadi sekecil mungkin. Jenis relay yang digunakan antara lain [3] :

(1) Over Current Relay/Relay Arus Lebih (OCR)

(2) Relai Gangguan Tanah/Ground Fault Relay (GFR)

Kedua relay tersebut akan dilakukan setting sehingga dapat bekerja secara selektif dan sesuai kaidah proteksi.

### G. Metoda Failure Mode Effect Analysis (FMEA)

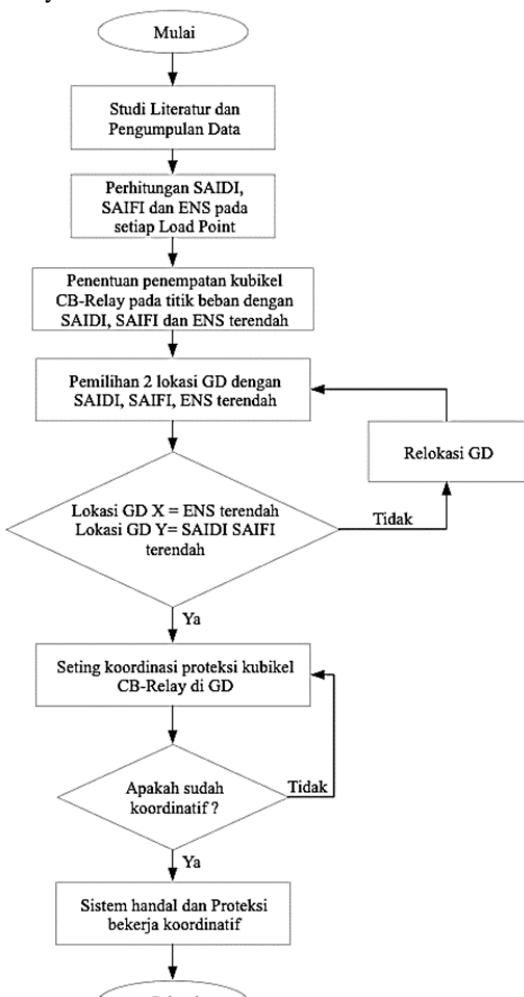
Metode FMEA diterapkan di dalam mengevaluasi keandalan sistem distribusi yang didasarkan pada bagaimana kegagalan dari suatu peralatan pada sistem distribusi akan mempengaruhi keandalan sistem secara menyeluruh. Syarat – syarat yang diperlukan dalam

menganalisis keandalan sistem distribusi menggunakan metode FMEA adalah sebagai berikut [7] :

- Dibutuhkannya topologi atau konfigurasi dari penyulang (feeder) sistem distribusi 20kV;
- Data jaringan yang dimiliki oleh setiap peralatan yang ada pada jaringan seperti laju kegagalan, repair time dan switching time serta data pendukung lainnya pada peralatan.
- Data konsumen yang meliputi jumlah pelanggan pada setiap titik beban.
- Penjumlahan laju kegagalan dan lamanya gangguan rata – rata yang berpengaruh pada setiap load point akibat dari kegagalan, dimana nilai laju kegagalan dan lama gangguan rata – rata sebagai dasar untuk menghitung indeks SAIDI, SAIFI dan ENS [8].

### III. METODE

Pada penelitian ini analisa menggunakan metode (Failure Modes and Effects Analysis) adalah suatu pendekatan untuk mengidentifikasi mode – mode kegagalan, penyebab kegagalan, serta dampak kegagalan yang ditimbulkan oleh tiap – tiap komponen terhadap sistem dalam mengevaluasi keandalan sistem distribusi yang didasarkan pada bagaimana kegagalan dari suatu peralatan pada sistem distribusi akan mempengaruhi keandalan sistem secara menyeluruh .



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Pada flowchart gambar 1 diatas, terbagi 3 tahapan dalam analisis yang dilakukan antara lain perhitungan indeks keandalan (SAIDI, SAIFI dan ENS), penentuan lokasi penempatan CBOG dan setting koordinasi proteksi.

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Perhitungan dan Analisis Keandalan Sistem Distribusi Penyalang Mandira

Tahap ygnd dilakukan dalam mengawali kalkulasi keandalan dengan metode FMEA yakni dengan mengilustrasikan sistem penyaluran bisa beroperasi dalam pola kegagalan sesuatu peralatan. Kemudian diasumsikan pada elemen yang terdapat pada system, selanjutnya diidentifikasi load poin yang terkena dampak dari dampak kegagalan peralatan. Sehingga bisa diilustrasikan mode kegagalan beserta dampak yang terjadi pada sistem penyaluran secara menyeluruh.

Tabel 1. Data Beban Pelanggan di Penyalang Mandira

SALURAN	NO GARDU	PELANGGAN	KAPASITAS TRAFO (kVA)	DAYA (kVA)	PEMAKAIAN (kw)	BEBAN (A)
L1	DS0285	GD ARABICA	1.455,00	690	690,42	34,52
L2	KA1147	GD CARREFOUR SUNSET ROAD	3.465,00	3465	3.468,11	173,41
L3	KA9174	GD HOTEL PARK REGIS	1.000,00	865	855,63	42,78
L4	KA1387	GD BALI KUTA RESORT	1.500,00	240	239,75	11,99
L5	KA2754	GD J FOUR HOTEL	690,00	690	688,44	34,42
L6	KA2709	GD HARPER HOTEL	630,00	555	556,10	27,80
L7	KA3897	GD SATORIA	630,00	555	555,00	27,75
L8	KA0356	GD MATAHARI BUNGALOW	345,00	345	310,50	15,53
L9	KA2882	GD LOVE FASHION HOTEL	1.110,00	555	556,62	27,83
L10	KA2843	GD SUN ISLAND LEGIAN	345,00	240	240,00	12,00
L11	KA2361	GD HOTEL AKMANI	630,00	555	549,27	27,46
L12	KA2703	GD KUTA TERRACE HOTEL	240,00	240	240,00	12,00
L13	KA3321	GD THE LA WALON HOTEL	315,00	240	239,12	11,96
L14	KA0267	GD LEGIAN PARADISO HOTEL	800,00	690	696,92	34,85
L15	KA0018	GD HOTEL MANDIRA	865,00	865	864,79	43,24
L16	KA0029	GD HOTEL BALI PADMA	2.770,00	2770	2.765,73	138,29
L17	KA0264	GD HOTEL BALISANI	240,00	240	240,00	12,00
				17.030,00		13.756,40

Berikut hasil perhitungan SAIDI, SAIFI dan ENS dari perhitungan per load point :

Tabel 2. Perhitungan SAIDI, SAIFI, dan ENS sesuai Skenario Penempatan PMT-Relay

NO	RENCANA LOKASI PENEMPATAN PMT - RELAY	INDEX KEANDALAN		
		SAIFI	SAIDI	ENS
1	LOKASI 1	1,0585	0,5943	8.149,9917
2	LOKASI 2	1,0092	0,6164	8.405,8187
3	LOKASI 3	0,9708	0,5993	8.325,3596
4	LOKASI 4	0,9376	0,5774	7.672,1421
5	LOKASI 5	0,9128	0,5812	7.858,7451
6	LOKASI 6	0,8933	0,5708	7.677,0649
7	LOKASI 7	0,8756	0,5446	7.260,0223
8	LOKASI 8	0,8598	0,5249	6.986,8040
9	LOKASI 9	0,8602	0,5799	7.949,5795
10	LOKASI 10	0,8601	0,5464	7.459,3549
11	LOKASI 11	0,8611	0,5249	7.212,8207
12	LOKASI 12	0,8680	0,5306	7.317,3038
13	LOKASI 13	0,8843	0,5549	7.675,6137
14	LOKASI 14	0,9060	0,5587	7.747,9449
15	LOKASI 15	0,9531	0,6665	9.041,5624
16	LOKASI 16	0,9816	0,5485	7.617,2624
17	LOKASI 17	1,0182	0,5715	7.847,5241

Sesuai dengan hasil perhitungan serta evaluasi indeks keandalan sistem distribusi untuk menjamin suplai energi listrik ke konsumen agar berkesinambungan maka letak penempatan kubikel PMT-Relay yang ideal dalam artian memenuhi ketiga kriteria indeks keandalan SAIFI, SAIDI, dan ENS adalah lokasi 8 pada Gardu Distribusi Matahari Bungalow.

Pada lokasi 8 menghasilkan nilai indeks keandalan berupa SAIFI = 0,8598 Kali/Tahun, SAIDI = 0,5249

Jam/Tahun, serta ENS = 6.986,80 kWh/Tahun, pada lokasi ini dievaluasi memiliki tingkat keandalan dari sisi pelanggan maupun beban yang tersalurkan memiliki estimasi yang relevan dengan sasaran keandalan sistem distribusi di Penyulang Mandira. Setelah mengetahui lokasi penempatan kubikel PMT-Relay, maka dilakukan perbandingan nilai indeks keandalan pada Penyulang Mandira sebelum dengan sesudah perencanaan pemasangan PMT-Relay :

Tabel 3. Perbandingan Indeks Keandalan Sebelum dan Setelah Pemasangan PMT – Relay

INDEKS KEANDALAN	Sebelum Pemasangan PMT-Relay	Setelah Rencana Pemasangan PMT – Relay
SAIDI	0,59427	0,5249
SAIFI	1,05848	0,8598
ENS	8.149,9917	6.986,8040

#### B. Perhitungan Arus Hubung Singkat

Setelah mendapatkan rencana lokasi pemasangan, nilai impedansi ekivalen sesuai dengan lokasi gangguan, selanjutnya dihitung besarnya arus gangguan tiap – tiap section dari arus gangguan 3 fasa, 2 fasa dan 1 fasa ke tanah.



Gambar 2. Kurva Arus Gangguan Hubung Singkat

Sesuai dengan kurva di atas dapat dilihat bahwa besarnya arus gangguan hubung singkat dipengaruhi oleh jarak lokasi gangguan, semakin jauh jarak lokasi gangguan dari sumber (Gardu Induk Pesanggaran), maka semakin kecil arus gangguan hubung singkatnya dan begitu juga sebaliknya. Selain itu, dari kurva arus hubung singkat di atas dapat dilihat bahwa arus gangguan hubung singkat 3 fasa memiliki nilai maksimum 11.781,362 A dan minimum sebesar 4.052,042 A, arus gangguan hubung singkat 2 fasa memiliki nilai maksimum 10.202,958 A dan minimum sebesar 3.509,171 A, dan untuk arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah memiliki nilai maksimum 288,47 A dan minimum sebesar 272,064 A.

#### C. Perhitungan Setelan Arus dan Waktu Relay GD Matahari Bungalow

Setelah mendapatkan besaran arus gangguan tiap – tiap section dari arus gangguan 3 fasa, 2 fasa dan 1 fasa ke tanah, maka selanjutnya dilakukan perhitungan setelan arus dan waktu relay OCR dan GFR pada GD pada kondisi eksisting hasil. Berdasarkan kurva koordinasi standar inverse, maka relay OCR dan GFR pada gangguan 3 fasa, 2 fasa dan 1 fasa ke tanah didapatkan setelan sebagai berikut :

Tabel 4. Hasil Setelan Waktu GD Kondisi Eksisting

Arus Gangg	Sect 1	Sect 2	Grad Time
3 Fasa	0,305	0,229	0,076
2 Fasa	0,318	0,241	0,077
1 Fasa Tanah	0,976	0,391	0,568

Berdasarkan perhitungan setelan arus dan setelan Time Multiple Setting (TMS) pada GD Matahari Bungalow yaitu relay arus lebih (Over Current Relay) karakteristik standard inverse dengan Iset primer = 177,38 A, Iset sekunder = 2,96 A dan nilai setelan TMS = 0,16 dan untuk relay gangguan tanah (Ground Fault Relay) karakteristik standard inverse diperoleh nilai Iset primer = 27,21 A, Iset sekunder = 0,5 A dan nilai TMS = 0,1. Setelah dilakukan koordinasi arus-waktu antara relay GD Matahari Bungalow menggunakan setelan baru sesuai perhitungan dengan relay Penyulang Mandira dengan menggunakan setelan pada kondisi eksisting, diperoleh bahwa setting keterlambatan waktu kerja relay OCR GD Matahari Bungalow dengan relay OCR Penyulang Mandira belum memenuhi standar IEEE Std 242-1986 yaitu diatas 0,2 – 0,4 detik, dengan nilai kedua relay OCR lebih kecil dari standar dan nilai relay GFR cenderung lebih besar.

Dalam mengatasi permasalahan koordinasi proteksi antara relay di Penyulang Mandira dengan relay GD Matahari Bungalow, maka dilakukan tindakan alternatif terhadap setelan relay GD Matahari Bungalow, dengan mengganti karakteristik relay OCR GD Matahari Bungalow dari standard inverse menjadi instantaneous relay sedangkan untuk relay GFR GD Matahari Bungalow mengubah waktu kerja untuk relai paling hilir menjadi 0,2 detik.

Tabel 5. Hasil Setelan Waktu GD Kondisi Alternatif

Arus Gangg	Sect 1	Sect 2	Grad Time
3 Fasa	0,305	0,000	0,305
2 Fasa	0,318	0,000	0,318
1 Fasa Tanah	0,976	0,707	0,251

Dengan menggunakan setelan di atas, diperoleh koordinasi relay yang baik antara relay Penyulang Mandira dengan relay GD Matahari Bungalow, dimana selisih waktu trip antara kedua relay telah memenuhi standar IEEE Std 242-1986, yaitu grading time sebesar 0,2-0,4 detik. didapatkan hasil dari setelan waktu GD pada kondisi alternatif, dimana grading time telah telah memenuhi grading time yang diminta pada standar IEEE Std 242-1986 yaitu dengan waktu tunda antara kedua relay berkisar 0,2-0,4 detik.

#### V. KESIMPULAN

Sesuai dengan nilai indeks keandalan yang dihasilkan maka nilai simulasi pemasangan relay di Gardu Distribusi Matahari Bungalow memperoleh nilai indeks keandalan SAIFI, SAIDI, dan ENS lebih rendah jika dibandingkan dengan sebelum pemasangan relay di GD Matahari Bungalow.

Koordinasi arus-waktu antara relay GD dengan setelan baru relay Penyulang Mandira pada kondisi eksisting, diperoleh bahwa setting keterlambatan waktu kerja relay OCR GD dengan relay OCR Penyulang Mandira belum memenuhi standar IEEE Std 242-1986 yaitu diatas 0,2 –

0,4 detik, dimana nilai kedua relay OCR lebih kecil dari standar dan nilai relay GFR cenderung lebih besar. Hal ini dikhawatirkan akan menyebabkan OCR bekerja kurang selektif sehingga dilakukan perhitungan kembali menggunakan kondisi alternatif dengan mengganti karakteristik relay OCR GD Matahari Bungalow dari standard inverse menjadi instantaneous relay dan relay GFR GD Matahari Bungalow hanya dilakukan perubahan waktu kerja untuk relai paling hilir menjadi 0,2 detik. Dari perubahan tersebut diperoleh koordinasi relay yang baik antara relay Penyulang Mandira dengan relay GD Matahari Bungalow, dimana selisih waktu trip antara kedua relay telah memenuhi standar IEEE Std 242-1986, yaitu grading time sebesar 0,2-0,4 detik.

#### REFERENSI

- [1] Daman, S. (2009). Teknik dan Sistem Distribusi Tenaga Listrik. Sistem Distribusi Tenaga Listrik,
- [2] Lewis Blackburn, J., & Domin, T. J. (n.d.). Protective Relaying Principles and Applications Third Edition.
- [3] Madhany Noer Muthmainnah. (2020). Rekoordinasi Setting Relay dan Optimalisasi Circuit Breaker Outgoing pada Penyulang Renda.
- [4] Nugorho, D. T., Wardhana, A. W., & Wahyumi, A. (2020). Analisis Koordinasi Sistem Proteksi Penyulang Dieng-2 (Dng02) Terhadap Gangguan Arus Hubung Singkat Gardu Induk Dieng Pt Pln (Persero) UP3 Purwokerto. Dinamika Rekayasa
- [5] PT PLN (Persero) Pusat Pendidikan. (n.d.). PUSDIKLAT. Pengenalan Kubikel 20 KV.
- [6] Sukadana, I. W., & Ramadhani, R. F. (2021). Koordinasi Proteksi Arus Lebih Penyulang Tembuku terhadap Indeks Keandalan Sistem Distribusi 20 KV PT. PLN (Persero) ULP Bangli. Jurnal Elektronika, Listrik, Telekomunikasi, Komputer, Informatika, Sistem Kontrol (J-Eltrik)
- [7] Tosa Anhar Husada. (2017). Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20 kV di PT PLN (Persero) Area Tanjung Karang menggunakan Metode FMEA.
- [8] Partawan, I. N., Arjana, I. G. D., & Weking, A. I. (2014). Studi Perbandingan Keandalan Sistem Distribusi 20 kV menggunakan Metode Section Technique dan RNEA pada Penyulang Renon.