

Analisis Perhitungan *Setting* Proteksi Transformator 60 MVA pada Gardu Induk Bulukumba PT PLN (Persero)

Nirwan A. Noor¹⁾, Kurniawati Naim²⁾, Muh. Rafif Akhdan³⁾

^{1,2,3} Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang
nirwanpnup@gmail.com¹⁾, nianaim09@poliupg.ac.id²⁾, dapiakhdan@gmail.com³⁾

Abstrak

Berkembangnya industri pada suatu daerah, maka kebutuhan listrik juga akan meningkat, sehingga semakin besar arus listrik yang akan digunakan. Untuk memenuhi kebutuhan, dan keandalan serta ketersediaan penyaluran tenaga listrik, mutlak diperlukan sistem proteksi yang andal. Terjadinya gangguan kabel tanah pada transformator 60 MVA pada Gardu Induk Bulukumba. Setelah dilakukan penelusuran, ditemukan kondisi kabel fasa S dan T yang robek, lalu menghitung *setting* sistem proteksi pada transformator 60 MVA Gardu Induk Bulukumba dan menganalisis perbandingan antara hasil sebelum *resetting* dan setelah *resetting*. Berdasarkan hasil perbandingan OCR sebelum dan setelah *resetting* diketahui bahwa waktu koordinasi antara OCR 20 kV dan OCR penyulang belum benar sehingga perlu dilakukan *resetting*, untuk perbandingan GFR/SBEF sebelum dan setelah diketahui bahwa terdapat kurva koordinasi waktu yang saling *crossing* (memotong) sehingga perlu dilakukan *resetting*. Berdasarkan hasil perhitungan maka diperoleh *setting* yang baru untuk OCR 150 kV yaitu arus *setting* primer sebesar 277,128 A TMS 0,31 karakteristik standar invers, untuk OCR 20 kV arus *setting* primer sebesar 1.920 A TMS 0,218 karakteristik standar invers, untuk OCR penyulang arus *setting* primer sebesar 720 A TMS 0,219 dengan karakteristik standar invers. Pada GFR diperoleh nilai *setting* yang baru untuk GFR 150 kV arus *setting* primer sebesar 115,47 A dan TMS 0,513 karakteristik standar invers, untuk GFR 20 kV arus *setting* primer sebesar 60 A TMS 0,228 karakteristik standar invers, untuk GFR penyulang arus *setting* primer sebesar 27 A TMS 0,208 karakteristik standar invers. Pada relai SBEF diperoleh nilai *setting* yang baru untuk arus *setting* primer sebesar 30 A TMS 0,359 dengan karakteristik *long time invers*.

Keywords: *Transformer, Over Current Relay (OCR), Ground Fault Relay (GFR), Stand by Earth Fault (SBEF), Setting*

I. PENDAHULUAN

Terjadinya gangguan kabel tanah pada transformator 60 MVA pada Gardu Induk Bulukumba, dengan indikasi GFR pada fasa S menyebabkan trip PMT. Setelah dilakukan penelusuran, ditemukan kondisi kabel fasa S dan T yang robek didukung dengan kondisi cuaca yang lembab menyebabkan hubung singkat fasa ke tanah. Maka solusi yang dilakukan PLN adalah mengganti kabel tanah Transformator #3 60 MVA gardu induk bulukumba, sehingga perlu dilakukan *resetting* relai.

Untuk menghitung *setting* proteksi maka diperlukan perhitungan yang matang, sehingga perlu diuji menggunakan berbagai *software*, *software* yang menjadi pilihan untuk digunakan menghitung *setting* proteksi transformator adalah MATLAB. Adapun tujuan dari penelitian yang akan dilakukan adalah untuk menghitung *setting* sistem proteksi pada transformator 60 MVA Gardu Induk Bulukumba dan menganalisis perbandingan antara hasil sebelum *resetting* dan setelah *resetting*.

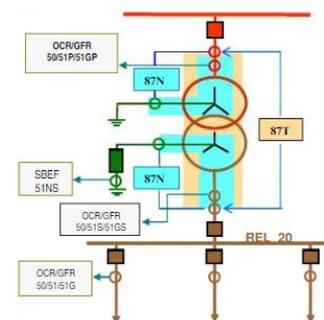
II. KAJIAN LITERATUR

A. Proteksi Sistem Tenaga Listrik

Proteksi sistem tenaga listrik merupakan pengaman pada suatu sistem kelistrikan, apabila terjadi gangguan maupun kondisi abnormal dari suatu sistem kelistrikan. Penempatan dari sistem proteksi ini dapat kita jumpai mulai dari sistem pembangkit hingga sistem instalasi rumah (pelanggan). Proteksi terhadap sistem kelistrikan

merupakan suatu solusi untuk membatasi kerusakan pada komponen-komponen kelistrikan agar keandalan sistem tenaga listrik dapat terjamin [1].

Gangguan pada sistem kelistrikan yang sering terjadi adalah gangguan hubung singkat, hubung singkat antar fasa maupun fasa ke tanah, yang dimana gangguan ini menyebabkan arus yang mengalir pada peralatan listrik menjadi cukup besar sehingga dapat merusak atau mengurangi *lifecycle* dari peralatan listrik, untuk transformator sendiri kemampuan transformator dalam menghadapi gangguan hubung singkat ialah selama dua detik, apabila transformator terbebani arus di atas In (Arus nominal) nya lebih dari dua detik maka *lifecycle* dari transformator dapat berkurang. Berikut ini *single line diagram* untuk sistem proteksi bay transformator [2].



Gambar 1. *single line diagram* proteksi bay transformator
Sumber: [3]

B. Transformator

Transformator daya atau lebih dikenal dengan nama “transformer” atau “trafo” sejatinya adalah suatu peralatan listrik yang mengubah daya listrik AC (*Alternating Current*) pada satu level tegangan lain berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik tanpa merubah frekuensinya. Transformator juga dapat digunakan untuk sampling tegangan, sampling arus, dan juga mentransformasi impedansi. Transformator berdiri dari dua atau lebih kumparan yang membungkus inti besi feromagnetik. Kumparan-kumparan tersebut biasanya satu sama lain tidak dihubungkan secara langsung. Kumparan yang satu dihubungkan dengan sumber listrik AC (kumparan primer) dan kumparan yang lain menyuplai listrik ke beban (kumparan sekunder) [4].

C. Over Current Relay (OCR)/Ground Fault Relay (GFR)

Over current relay (relai arus lebih) adalah relai yang bekerja terhadap arus lebih, ia akan bekerja bila arus yang mengalir melebihi nilai arus *setting*-nya (I_{set}). OCR berfungsi Untuk mengamankan peralatan terhadap gangguan hubung singkat antar fase. GFR merupakan relai yang berfungsi untuk mendeteksi arus gangguan akibat hubung singkat fasa ke tanah,

Pengamanan hubung singkat fasa. Relai mendeteksi arus fasa. Oleh karena itu, disebut pula “Relai fasa”. Karena pada relai tersebut dialiri oleh arus fasa, maka *setting*-nya (I_s) harus lebih besar dari arus beban maksimum. Ditetapkan [5]

$$I_{set} = 1,2 \times I_n \quad (1)$$

Dimana:

I_{set} = Arus *setting*

I_n = Arus nominal peralatan terendah

Terdapat beberapa karakteristik dari relai OCR/GFR yaitu *instantaneous*, waktu tertentu (*definite time*), dan *invers*. Untuk *invers* sendiri terbagi menjadi *standard invers*, *very invers*, *extremely invers*, dan *long time invers*.

➤ **Invers**

Karakteristik ini akan bekerja dengan waktu tunda yang tergantung dari besarnya arus secara terbalik (*inverse time*), makin besar arus makin kecil waktu tundanya. Karakteristik ini bermacam-macam dan setiap pabrik dapat membuat karakteristik yang berbeda-beda, karakteristik berdasarkan waktunya dibedakan dalam empat kelompok :

- *Standard invers*
- *Very invers*
- *Extremely invers*
- *Long time invers*

Setelan *Time Multiple Setting* (TMS) dan setelan waktu relai pada sistem proteksi menggunakan rumus kurva waktu berdasarkan arus, maka dapat diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$TMS = \frac{tx\left\{\left[\frac{I_{fault}}{I_{set}}\right]^\alpha - 1\right\}}{\beta} \quad (2)$$

dan,

$$t = \frac{\beta \times TMS}{\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}}\right)^\alpha - 1} \quad (3)$$

Dimana :

t = Waktu Trip (Detik)

TMS = *Time Multiple Setting* (Tanpa Satuan)

I_{fault} = Besarnya Arus Gangguan Hubung Singkat (Amp)

Setelan OCR (*Inverse*) diambil arus gangguan hubung singkat terbesar.

Setelan GFR (*Inverse*) diambil arus gangguan hubung singkat terkecil.

Iset = Besarnya Arus *Setting* Sisi Primer (Amp)

Setelan OCR (*inverse*) diambil (BS) 1,05 s/d $1,3 \times I_{beban}$

Setelan GFR (*inverse*) diambil 6% s/d 12% $\times I_{fault}$ hubung singkat 1 fasa terkecil.

α, β = Konstanta

Tabel 1. Tabel konstanta karakteristik invers OCR/GFR

Karakteristik	α	β
Standard Invers	0,02	0,14
Very Invers	1	13,2
Extreemly Invers	2	80
Long Time Invers	1	120

D. Stand By Earth Fault (SBEF)

Karakter dari relai jenis ini berfungsi untuk mengamankan NGR (*Neutral Grounding Resistant*) dari kerusakan akibat panas. Ketika arus hubung singkat atau arus urutan nol yang mengalir ke titik netral transformator secara terus menerus (*continue*) maka akan terjadi panas. Prinsip kerja relai tersebut sama dengan relai gangguan ke tanah (GFR) dan dipasang hanya untuk pentanahan yang sifatnya tidak langsung. Karakteristik waktu kerja SBEF adalah kurva landai (*long time inverse*).

E. Pemutus Tenaga/Circuit Breaker

Circuit Breaker atau pemutus tenaga (PMT) merupakan peralatan saklar mekanis, yang mampu menutup, mengalirkan, dan memutus arus beban dalam kondisi normal serta abnormal/saat terjadi gangguan seperti kondisi *short circuit* (hubung singkat). Pada waktu pemutusan/menghubungkan daya listrik akan terjadi busur api, yang terjadi pada kontak-kontak di dalam ruang pemutus. Pemadamaman busur api dapat dilakukan oleh beberapa macam bahan peredam, diantaranya yaitu dengan minyak, udara, dan gas [6].

F. Gangguan Hubung Singkat

Pada kondisi normal, operasi sistem dalam keadaan tiga fasa arus bolak-balik seimbang. Tetapi bagaimanapun tetap ada kondisi yang tidak dapat dihindari dan kondisi yang tidak diinginkan bahkan pada kejadian ketidaknormalan sesaat (*temporer*) pada operasi sistem tenaga. Jika terjadi kegagalan isolasi pada sistem tenaga

listrik atau terjadinya kontak antara konduktor fasa yang berbeda pada sistem tenaga listrik maka dikatakan hubung singkat (*short circuit*). Persentase gangguan pada sistem tenaga listrik yaitu: 80% gangguan fasa ke bumi, 15% gangguan fasa ke fasa, dan 5% gangguan tiga fasa.

- Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa
Hubung singkat tiga fasa dapat dihitung dengan persamaan:

$$I_{HS3\phi} = \frac{E}{Z_1 + Z_f} \quad (4)$$

- Gangguan Hubung Singkat 2 Fasa
Untuk gangguan dua fasa dapat dihitung dengan persamaan:

$$I_{HS2\phi} = \frac{\sqrt{3}E}{Z_1 + Z_2 + Z_f} \quad (5)$$

- Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa
Arus gangguan satu fasa dapat dihitung dengan persamaan:

$$I_{HS1\phi} = \frac{3E}{Z_1 + Z_2 + Z_0 + Z_f} \quad (6)$$

Ket:

- IHS1Ø = Arus hubung singkat 3 fasa (pu)
- E = Nilai per-unit tegangan (pu)
- Z1 = Impedansi urutan positif (pu)
- Z2 = Impedansi urutan negatif (pu)
- Z0 = Impedansi urutan nol (pu)
- Zf = Impedansi gangguan (pu)

G. Nilai per-unit

Pada daya yang besar, saluran transmisi biasanya dioperasikan pada tegangan beberapa ratus ribu volt atau beberapa ratus kilovolt (kV). Dayanya beberapa juta watt, volt-ampere, atau VAR atau biasa disebut dengan satuan MW, MVA atau MVAR. Arusnya biasanya beberapa ribu ampere atau kiloampere (kA). Para insinyur sistem tenaga biasanya menyatakan tegangan, arus, dan daya dalam persen atau per-unit (pu). [7]

Nilai per-unit merupakan suatu nilai yang diperoleh dari hasil bagi antara nilai actual (besaranreal) dengan suatu nilai tertentu dalam unit yang sama yang dijadikan sebagai basis (besaranbasis).[7]

$$\text{Nilai per – unit} = \frac{\text{Nilai real}}{\text{Nilai base}} \quad (7)$$

Atau dengan kata lain nilai per-unit atau sistem perunit merupakan suatu nilai untuk menyatakan nilai sebuah besraan yang dibandingkan dengan nilai sebuah besraan dasar yang telah ditentukan.[7]

Besaran perunit digunakan untuk menyederhanakan perhitungan pada sistem yang memiliki lebih dari 2 tegangan saling terkoneksi. Untuk sistem tiga fasa berlaku persamaan:

$$\text{Base Voltage} = \text{voltages in kV}$$

$$\text{Base Current} = \frac{MVA_{base}}{\sqrt{3}xkV_{base}} \text{ in kA} \quad (8)$$

H. MATLAB (Matrix Laboratory)

MATLAB merupakan software bahasa pemrograman dalam ilmu komputer teknik yang dikembangkan dengan menggunakan suatu fungsi melalui metode numerik yang lebih mudah dan menarik. Keberadaan MATLAB dapat digunakan untuk perhitungan matematika, analisis data, pemodelan, simulasi, membuat grafik dan gambar, serta pengembangan sistem algoritma [8].

III. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode observasi langsung, sehingga data yang diperoleh dalam kegiatan tentunya tidak dituliskan pada laporan tugas akhir dalam bentuk mentah tanpa diolah terlebih dahulu.

Data akan dianalisis berdasarkan apa yang ditemukan peneliti di lapangan. Hasil yang diperoleh dari pengolahan data tersebut akan menjawab pertanyaan sebagaimana yang dipaparkan pada rumusan masalah.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Hasil Setting Sebelum dan Setelah Resetting

Berikut ini adalah *setting* sebelum dan setelah dilakukan *resetting*:

Tabel 2. Hasil Setting OCR Sebelum dan Setelah

Data	Sebelum	Setelah
Arus <i>setting</i> OCR 150 kV primer	276 A	277,128 129 A
Arus <i>setting</i> OCR 150 kV sekunder	4,6 A	4,6188 A
TMS OCR 150 kV	0,32 SI	0,31 SI
Arus <i>setting</i> OCR 20 kV primer	700 A	1.920 A
Arus <i>setting</i> OCR 20 kV sekunder	1,75 A	4,8 A
TMS OCR 20 kV	0,175 SI	0,218 SI
Arus <i>setting</i> OCR penyulang primer	384 A	720 A
Arus <i>setting</i> OCR penyulang sekunder	3,2 A	6 A

Sedangkan untuk hasil *setting* GFR dan SBEF sebelum dan setelah dilakukan evaluasi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Setting GFR dan SBEF Sebelum dan Setelah

Data	Sebelum	Sesudah
Arus setting GFR 150 kV primer	90 A	115,47 A
Arus setting GFR 150 kV sekunder	1,5 A	1,925 A
TMS GFR 150 kV	0,18 SI	0,513 SI
Arus setting GFR 20 kV primer	160 A	60 A
Arus setting GFR 20 kV sekunder	0,4 A	0,15 A
TMS GFR 20 kV	0,225 SI	0,228 SI
Arus setting GFR penyulang primer	60 A	27 A
Arus setting GFR penyulang sekunder	0,5 A	0,225 A
TMS GFR Penyulang	0,115 SI	0,208 SI
Arus setting SBEF primer	87 A	30 A
Arus setting SBEF sekunder	1,45 A	0,5 A
TMS SBEF	0,097 LTI	0,359 LTI

B. Data hasil perhitungan

Berdasarkan hasil *running* Matlab, maka didapatkan nilai arus hubung singkat seperti pada Tabel 4 Nilai arus hubung singkat ini nantinya akan digunakan untuk menghitung waktu kerja relai.

Tabel 4. Data nilai arus hubung singkat

Data	Hasil perhitungan MATLAB
Arus hubung singkat 2 fasa (20 kV)	8.657,2 A
Arus hubung singkat 3 fasa (20 kV)	9.108,9 A
Arus hubung singkat 2 fasa (150 kV)	2.536 A
Arus hubung singkat 1 fasa (150 kV)	5.444 A
Arus hubung singkat 1 fasa (20 kV)	288,2457 A

Setelah dilakukan perhitungan, maka didapatkan nilai setting OCR serta GFR dan SBEF masing-masing pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 5. Data setting OCR setelah dilakukan perhitungan

Data	Hasil perhitungan MATLAB
Arus setting OCR 150 kV primer	277,128 A
Arus setting OCR 150 kV sekunder	4,619 A
TMS OCR 150 kV	0,31 SI
Arus setting OCR 20 kV primer	1.920 A
Arus setting OCR 20 kV sekunder	4,8 A
TMS OCR 20 kV	0,218 SI
Arus setting OCR penyulang primer	720 A
Arus setting OCR penyulang sekunder	6 A
TMS OCR Penyulang	0,219 SI

Tabel 6. Data Setting GFR dan SBEF setelah dilakukan perhitungan

Data	Hasil perhitungan MATLAB
Arus setting GFR 150 kV primer	115,47 A
Arus setting GFR 150 kV sekunder	1,925 A
TMS GFR 150 kV	0,513 SI
Arus setting GFR 20 kV primer	60 A
Arus setting GFR 20 kV sekunder	0,15 A
TMS GFR 20 kV	0,228 SI
Arus setting GFR penyulang primer	27 A
Arus setting GFR penyulang sekunder	0,225 A
TMS GFR Penyulang	0,208 SI
Arus setting SBEF primer	30 A
Arus setting SBEF sekunder	0,5 A
TMS SBEF	0,359 LTI

Waktu kerja OCR 150 kV saat terjadi gangguan di sisi 20 kV dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Data waktu kerja OCR 150 kV saat terjadi gangguan pada bus 20 kV

OCR 150 kV (gangguan di sistem 20 kV)	Waktu kerja relai perhitungan MATLAB (detik)
Busbar 20 kV	1,5
25% 10 km penyulang	2,4291
50% 10 km penyulang	4,07
75% 10 km penyulang	8,0942
100% 10 km penyulang	36,8474

Waktu kerja OCR 20 kV saat terjadi gangguan di sisi 20 kV dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Data waktu kerja OCR 20 kV saat terjadi gangguan di bus 20 kV

OCR 20 kV (gangguan di sistem 20 kV)	Waktu kerja relai perhitungan MATLAB (detik)
Busbar 20 kV	1
25% 10 km penyulang	1,5689
50% 10 km penyulang	2,4918
75% 10 km penyulang	4,3936
100% 10 km penyulang	11,0494

Waktu kerja OCR penyulang saat terjadi gangguan di sisi 20 kV, dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Data waktu OCR penyulang saat terjadi gangguan di bus 20 kV

OCR 20 penyulang (gangguan di sistem 20 kV)	Waktu kerja relai perhitungan MATLAB (detik)
Busbar 20 kV	0,6
25% 10 km penyulang	0,771
50% 10 km penyulang	0,9465
75% 10 km penyulang	1,1371
100% 10 km penyulang	1,3519

Berdasarkan hasil *running Matlab*, waktu kerja GFR 20 kV saat terjadi gangguan di sisi 20 kV disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Data waktu kerja GFR 20 kV saat terjadi gangguan di bus 20 kV

GFR 20 kV (gangguan di sistem 20 kV)	Waktu kerja relai perhitungan MATLAB (detik)
Busbar 20 kV	1
25% 60 km penyulang	1,0089
50% 60 km penyulang	1,0191
75% 60 km penyulang	1,0307
100% 60 km penyulang	1,0435

Berdasarkan hasil perhitungan manual dan hasil *running Matlab*, waktu kerja GFR penyulang saat terjadi gangguan di sisi 20 kV disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Data Waktu Kerja GFR Penyulang Saat Terjadi Gangguan di Sisi 20 kV

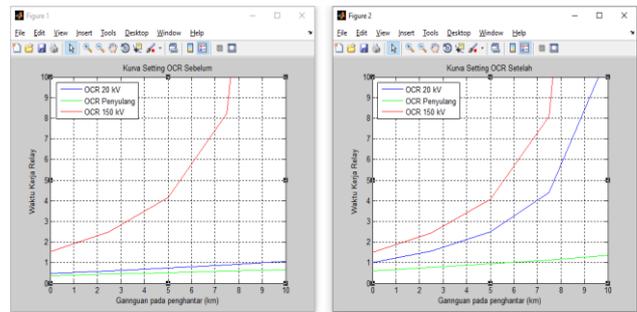
GFR 20 penyulang (gangguan di sistem 20 kV)	Waktu kerja relai perhitungan MATLAB (detik)
Busbar 20 kV	0,6
25% 60 km penyulang	0,6035
50% 60 km penyulang	0,6076
75% 60 km penyulang	0,6122
100% 60 km penyulang	0,6172

Berdasarkan hasil perhitungan manual dan hasil *running Matlab*, waktu kerja SBEF saat terjadi gangguan di sisi 20 kV disajikan pada Tabel 12.

Tabel 12. Data Waktu Kerja SBEF Saat Terjadi Gangguan di Sisi 20 kV

SBEF (gangguan di sistem 20 kV)	Waktu kerja relai perhitungan MATLAB (detik)
Busbar 20 kV	5
25% 60 km penyulang	5,0764
50% 60 km penyulang	5,1645
75% 60 km penyulang	5,2640
100% 60 km penyulang	5,3745

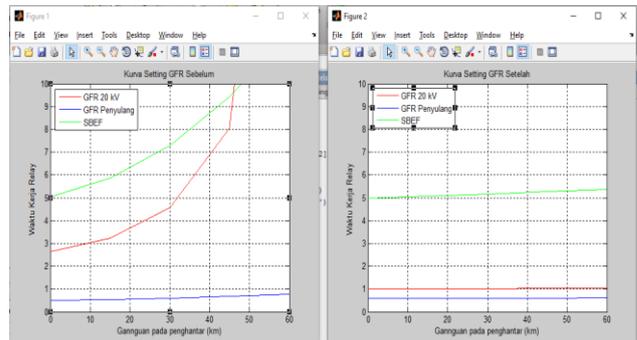
Dari data-data di atas maka diperoleh grafik seperti gambar 2 dan gambar 3.



Gambar 2. Perbandingan kurva waktu kerja OCR sebelum dan setelah resetting

Pada saat pengujian dengan menggunakan software MATLAB pada gambar 2(kiri) merupakan kurva karakteristik waktu kerja relai OCR sebelum *resetting*, dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa pada kurva karakteristik kerja OCR sebelum *resetting*, kurva waktu kerja OCR 20 kV dan OCR penyulang terlalu mepet, sehingga bisa saja terjadi kegagalan koordinasi *setting*.

Dapat dilihat pada gambar 2(kanan) di atas kurva karakteristik OCR 20 kV dan penyulang sudah tidak mepet sehingga *setting* yang dibuat sudah benar.



Gambar 3. Perbandingan kurva waktu kerja GFR dan SBEF sebelum dan sesudah resetting

Dari gambar 3 (kiri) di atas dapat dilihat bahwa pada *setting* sebelumnya, waktu kerja GFR 20 kV dan GFR penyulang terlalu jauh sehingga dapat mengakibatkan kerusakan pada peralatan, dan juga dapat dilihat bahwa terdapat garis yang saling *crossing* (memotong) antara GFR 20 kV dan SBEF, sehingga perlu dilakukan *resetting* untuk membuat *setting*-an yang sesuai dengan standar yang disepakati oleh PLN.

Setelah dilakukan resetting, diperoleh waktu yang lebih baik dan sesuai dengan standar yang ditetapkan PT.PLN (Persero). Untuk data waktu kerja relai sebelum dan setelah dilakukan *resetting* dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Waktu kerja relai sebelum dan setelah perhitungan

Waktu kerja relai (gangguan di bus 20 kV)	Sebelum <i>resetting</i> (detik)	Sesudah <i>resetting</i> (detik)
OCR 150 kV	1,543	1,5
OCR 20 kV	0,4749	1
OCR penyulang	0,3702	0,6
GFR 20 kV	2,6599	1
GFR penyulang	0,5049	0,6
SBEF	5,0321	5

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perbandingan OCR sebelum dan setelah *resetting* diketahui bahwa waktu koordinasi antara OCR 20 kV dan OCR penyulang belum benar sehingga perlu dilakukan *resetting*, untuk perbandingan GFR/SBEF sebelum dan setelah diketahui bahwa terdapat kurva koordinasi waktu yang saling *crossing* (memotong) sehingga perlu dilakukan *resetting*.

Dari hasil perhitungan maka diperoleh setting yang baru untuk OCR 150 kV yaitu arus setting primer sebesar 277,128 A TMS 0,31 karakteristik standar invers, untuk OCR 20 kV arus setting primer sebesar 1.920 A TMS 0,218 karakteristik standar invers, untuk OCR penyulang arus setting primer sebesar 720 A TMS 0,219 dengan karakteristik standar invers. Pada GFR diperoleh nilai setting yang baru untuk GFR 150 kV arus setting primer sebesar 115,47 A dan TMS 0,513 karakteristik standar invers, untuk GFR 20 kV arus setting primer sebesar 60 A TMS 0,228 karakteristik standar invers, untuk GFR penyulang arus setting primer sebesar 27 A TMS 0,208 karakteristik standar invers. Pada relai SBEF di peroleh nilai setting yang baru untuk arus setting primer sebesar 30 A TMS 0,359 dengan karakteristik long time invers.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada bapak Ruslan S.T., M.T, bapak Bakhtiar, S.T., M.T, bapak Purwito S.T., M.T, dan pak Usman S.T., M.T selaku penguji, atas saran dan masukan dalam penulisan jurnal ini. Tidak lupa penulis menyampaikan permohonan maaf apabila dalam penulisan jurnal ini terdapat kesalahan, baik yang disengaja maupun tidak disengaja, semoga tulisan ini bermanfaat.

REFERENSI

- [1] Wardani, Dwi Putri. 2020. Analisa Over Current Relai (OCR) pada Transformator Daya 60 MVA dengan Simulasi MATLAB di Gardu Induk Paya Geli. Disertasi. Medan: Universitas Panca Budi Medan.
- [2] PT PLN. 2019. Kesepakatan Bersama Proteksi 20 kV Sulawesi. Makassar: PT PLN.
- [3] PT. PLN (Persero) Pusat Pendidikan dan Pelatihan. Pola Proteksi Gardu Induk. Jakarta: PT. PLN (Persero)
- [4] Marlin, Mimin Roi dan Muhammad Mujahidin. 2018. Analisis Pengaruh Ketidakseimbangan Beban terhadap Arus Netral dan Rugi Daya pada Trafo Daya PLN Gardu Induk Bulukumba. Disertasi. Makassar: Unismuh.
- [5] Ngedi, T. T. D. 2016. Penggunaan Over Current Relai Dalam System Tenaga Listrik. Penggunaan Over Current Relai Dalam Sistem Tenaga. Disertasi. Kupang: Universitas Nusa Cendana.
- [6] Afandi. A. N. 2005. Sistem Tenaga Listrik Operasi Sistem dan Pengendalian. Disertasi Malang: Teknik Elektro Universitas Negeri Malang
- [7] Karyana. Dkk. 2013. Pedoman dan Petunjuk Sistem Proteksi Transmisi dan Gardu Induk Jawa Bali. Edisi pertama. Jakarta

- [8] Marwan. 2016. Belajar Mudah MATLAB Beserta Aplikasinya. Yogyakarta: ANDI.