

Analisis Pengoperasian Jaringan Mesh pada Penyulang Rawalo Di PT.PLN (PERSERO) UP3 Purwokerto

Anil Hakim Waluyo¹, Supriyanto², Heri Budi Utomo³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

¹E-mail : anil.hakim.tlis19@polban.ac.id

²E-mail : supriyanto_suhono@polban.ac.id

³E-mail : hbu@polban.ac.id

*E-mail korespondensi

ABSTRAK

Penyulang Rawalo disuplai dari GI. (Gardu Induk) Rawalo berada di wilayah kerja PT.PLN (PERSERO) UP3 Purwokerto. Penyulang ini disuplai dari trafo 1 dan trafo 2 dengan terdapat 7 penyulang aktif yang menyalurkan energi listrik. Pada trafo II 30 MVA terdapat 3 penyulang RWO04, RWO03 dan RWO01. Penyulang ini memiliki topologi jaringan *mesh* untuk menjaga keandalan dalam pengoperasian. Pada jaringan SUTM terpasang 14 LBS sebagai pembatas area untuk mengisolasi gangguan. Pola operasinya apabila terjadi sebuah gangguan pada main *feeder*, CB akan memutus gangguan. sehingga pada penelitian ini ingin mempelajari mekanisme pengoperasian jaringan dengan topologi *mesh* dan mensimulasikan aliran daya pada kondisi normal dan kondisi gangguan yang di skenarioikan pada 4 titik gangguan menggunakan software ETAP 12.6. Adapun tahap penyelesaian dalam penelitian ini adalah pembuatan *Single Line Diagram* jaringan distribusi penyulang RWO01 dengan RWO04 kemudian melakukan simulasi *load flow analysis* untuk melakukan studi hubung singkat pada 4 zona titik. Hasil pembebanan trafo pada kondisi normal sebesar 23,9%, gangguan 1 sebesar 24,6%, gangguan 2 sebesar 24,3%, gangguan 3 sebesar 24,3%, dan gangguan 4 sebesar 11,9%. Persentase beban penghantar terbesar pada gangguan 1 sebesar 48,45%, gangguan 2 sebesar 47,98%, gangguan 3 sebesar 47,95%, dan gangguan 4 sebesar 23,29%.

Kata Kunci

pengoperasian, penyulang, *mesh*, aliran daya.

1. PENDAHULUAN

Penyulang Rawalo disuplai dari GI. (Gardu Induk) Rawalo berada di wilayah kerja PT.PLN (PERSERO) UP3 Purwokerto. Penyulang ini disuplai dari trafo 1 dan trafo 2 dengan terdapat 7 penyulang aktif yang menyalurkan energi listrik. Pada trafo II 30 MVA terdapat 3 penyulang RWO04, RWO03 dan RWO01. Penyulang ini memiliki topologi jaringan *mesh* untuk menjaga keandalan dalam pengoperasian.

GI Rawalo mensuplai area ULP Wangon dengan topologi jaringan *mesh*. Pada jaringan SUTM terpasang 14 LBS sebagai pembatas area untuk mengisolasi gangguan. Pola operasinya apabila terjadi sebuah gangguan pada *main feeder*, CB akan memutus gangguan. Area gangguan diisolasi dari dua buah LBS, sistem yang berada pada diluar gangguan masih akan beroperasi. Dalam kondisi operasi normal kedua penyulang tersebut dipisahkan oleh LBS (*Load Breaker*

Switch) pada posisi NO (*Normally Open*). Kondisi tertentu bertujuan untuk kebutuhan pelimpahan beban saat ada pekerjaan maupun terdapat gangguan.

Penelitian ini akan melakukan simulasi dengan mengasumsikan beban pada Wangon-Bantera dan Wangon sebagai beban 20 kV dengan sesuai beban rata rata pembebanan tahunan. Untuk mensimulasikan dilakukan studi hubung singkat pada 4 titik. Aliran daya selama terjadi gangguan ke 4 lokasi tersebut dievaluasi aliran dayanya untuk melihat pembebanan pada trafo dan penghantar.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Tenaga listrik ialah bentuk energi yang dimanfaatkan untuk menyalurkan serta membangkitkan energi listrik kepada konsumen. Pada sistem tenaga listrik terdiri

atas 3 sistem yaitu sistem pembangkit, sistem transmisi, dan sistem distribusi. [1]



Gambar 15 Sistem Distribusi

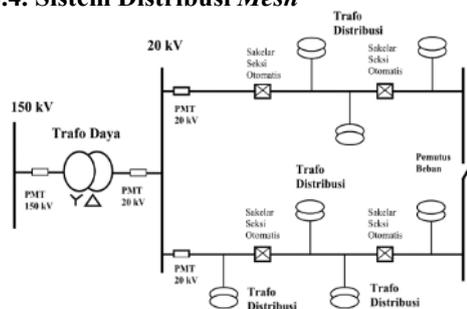
2.2 Jaringan Distribusi

Jaringan distribusi merupakan suatu sistem yang dimanfaatkan untuk mensuplai energi listrik sampai kepada konsumen melalui energi listrik yang dihasilkan dari transformator daya sisi sekunder pada gardu induk (GI). Sistem penyalurannya akan disalurkan melalui jaringan tegangan menengah, pada jaringan tersebut akan terhubung dengan *feeder*. Jaringan tegangan menengah di manfaatkan untuk mensuplai daya listrik dari trafo distribusi menuju pada beban industri. [2] Pada sistem ini, dibagi menjadi 2 macam yaitu distribusi primer dan distribusi sekunder. [3]

2.3 Jaringan Distribusi Primer

Jaringan distribusi primer merupakan jaringan tegangan menengah 20kV dengan jalur penyalurannya berasal dari trafo daya pada sisi sekunder yang berada pada gardu induk sampai kepada sisi primer trafo distribusi dengan terpasang tiang tiang saluran dengan panjang tiang 12m dan jarak 50m. Pada jaringan distribusi primer terdiri atas 3 topologi jaringan yaitu topologi jaringan radial, topologi jaringan *loop*, topologi jaringan spindel.

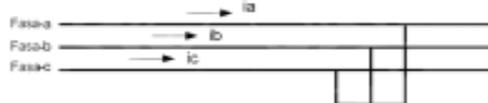
2.4. Sistem Distribusi Mesh



Gambar 16 Sistem Distribusi Mesh

Sistem jaringan *mesh* disebut juga jaringan *ring* atau *loop* karena mempunyai susunan rangkaian yang membentuk *ring* atau *loop* dimana titik beban tersebut dapat disaluri arus dari dua arah *feeder*, maka kontinuitas pelayanan daya lebih terjamin. Struktur jaringan *mesh* berasal dari gabungan dua buah jaringan radial menjadi satu. Dalam sistem ini terdapat sebuah pemutus atau pemisah dengan tujuan sebagai pembatas area untuk mengisolasi gangguan yang artinya ketika salah satu titik pada *feeder* terdapat gangguan maka gangguan tersebut tidak memadamkan titik lainnya melainkan *feeder* lain yang terhubung akan menyaluri daya melewati pemutus atau pemisah dengan kondisi *close* pada ujung jaringan.

2.5 Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa



Gambar 17 Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa [4]

Gangguan hubung singkat 3 fasa dikategorikan sebagai gangguan simetris dimana gangguan ini memiliki arus yang seimbang artinya ketika gangguan terjadi nilai arus dan tegangan pada 3 fasa tersebut seimbang. [5]

Rumus untuk menentukan arus gangguan pada hubung singkat 3 fasa:

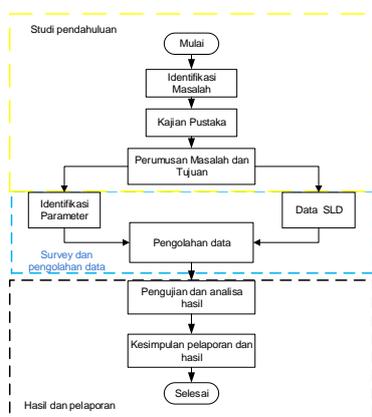
$$I_{hs3} = \frac{V_{f-N}}{Z_1} = \frac{20 \text{ kV} / \sqrt{3}}{Z_1} \quad (1)$$

State of art penelitian yang diajukan memiliki perbedaan dengan penelitian yang lain, dimana pada penelitian sebelumnya metode yang digunakan adalah metode perhitungan manual, metode takagi, metode simulasi Digsilent dan metode simulasi ETAP. Namun, hasil akhir penelitian sebelumnya hanya memfokuskan pada simulasi gangguan sedangkan pada penelitian yang diajukan fokus kepada pengoperasian jaringan dengan melakukan studi hubung singkat pada 4 zona titik dan studi *load flow analysis* untuk melihat kondisi awal jaringan. Aliran daya saat terjadi gangguan akan dievaluasi selama terjadi gangguan serta melihat pembebanan yang terjadi pada trafo dan penghantar.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan beberapa tahap sesuai dengan diagram alir dan kerangka berpikir.

3.1 Diagram Alir



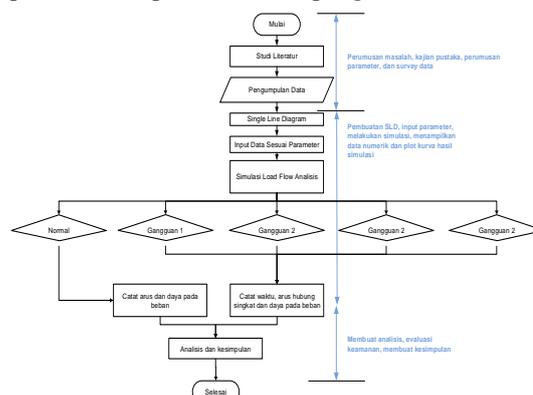
Gambar 18 Diagram Alir

Penelitian ini akan melalui 3 tahap penyelesaian yaitu studi pendahuluan, survey serta pengolahan data dan hasil pelaporan. Dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Studi pendahuluan, dilakukan identifikasi mengenai permasalahan permasalahan gangguan hubung singkat pada 4 zona titik. Kajian pustaka dilakukan untuk mendapatkan *state of the art* dalam rumusan masalah dan tujuan dari penelitian ini.
2. Survey dan pengolahan daya, pelaksanaan dilakukan setelah parameter terdefinisi. Data yang dibutuhkan dibuat dalam log book Survey data dilakukan dalam 2 hari penelitian untuk mendapatkan data parameter gardu induk, trafo, kabel, dan seting peralatan proteksi, serta mendapatkan data operasi normal dan gangguan hubung singkat. Data hasil survey ditampilkan dalam software aplikasi ETAP 12.6.
3. Hasil dan Pelaporan, pada tahap ini data hasil pengujian dalam bentuk numerik dan grafik dianalisis untuk mendapatkan hasil sesuai rumusan masalah, dan keterkaitannya dengan penelitian sejenis. Sebagai tahap akhir, seluruh tahapan pada penelitian ini dibuat dalam bentuk laporan akhir dan dipublikasikan sesuai dengan target luaran yang telah ditentukan.

3.2 Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir masalah ditunjukkan pada gambar 5. Masalah yang terjadi, Pada simulasi ini digunakan metode *load flow analysis* serta *short circuit analysis* untuk melakukan studi hubung singkat pada 4 zona titik. Aliran daya selama terjadi gangguan ke 4 lokasi tersebut di evaluasi aliran daya nya untuk melihat pembebanan pada trafo dan penghantar.



Gambar 19 Kerangka Berpikir

Data data yang sudah diperoleh dari PT.PLN (Persero) UP3 Purwokerto melalui pembimbing lapangan kemudian disimulasikan dengan software ETAP 12.6. Sebelum melakukan simulasi, terlebih dahulu menggambar single line diagram jaringan mesh pada GI Rawalo pada penyulang RWO01 dengan RWO04. Setelah itu masukan parameter setiap komponen seperti parameter GI, trafo daya, CB incoming dengan outgoing, serta penghantar. Kemudian melakukan simulasi, pada penelitian ini terdapat dua kondisi dalam pengoperasiannya yaitu kondisi normal dan kondisi gangguan.

3.3 Identifikasi Parameter

3.3.1 Parameter Penghantar

Tabel 6 Data Penghantar SUTM

Kabel	Luas Penampang	Impedansi pos&negatif	Impedansi nol
AAAC	150 mm ²	0,1344 + j 0,3158	0,3631 + j 1,618

3.3.2 Parameter Trafo Daya

Tabel 7 Data Trafo Daya

Kapasitas	30 MVA
Tegangan Primer	150 KV
Tegangan Sekunder	20 KV
FLA Primer	115,5 A

FLA Sekunder	838,7 Ampere
Impedansi	12,5%
Belitan Delta	Ynyn0
Tap Prim	± 5
Daya Hubung Singkat	8724,53 MVA
Arus Hubung Singkat	33,65
X/R	45

	Juli	102
	Agustus	106
	September	91
	Oktober	111
	November	106
	Desember	110
2022	Januari	104
Rata Rata		101

3.3.6 Data Visual Beban Rawalo04

Tabel 8 Data Visual Beban Rawalo04

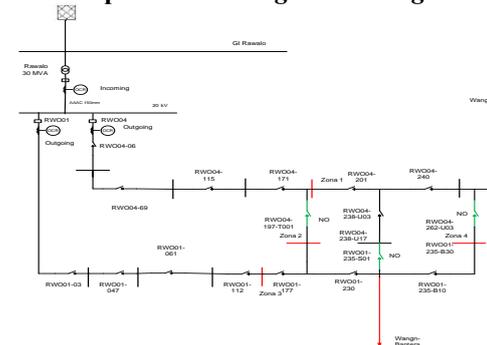
Tahun	Bulan	Beban (A)
2021	Januari	93
	Februari	95
	Maret	86
	April	85
	Mei	112
	Juni	103
	Juli	96
	Agustus	102
	September	112
	Oktober	114
	November	87
	Desember	113
2022	Januari	108
Rata Rata		100

3.3.7 Data Visual Beban Rawalo01

Tabel 9 Data Visual Rawalo01

Tahun	Bulan	Beban (A)
2021	Januari	100
	Februari	88
	Maret	105
	April	92
	Mei	95
	Juni	104

3.3.8 Reperesentasi Single Line Diagram



Gambar 20 Reperesentasi Single Line Diagram

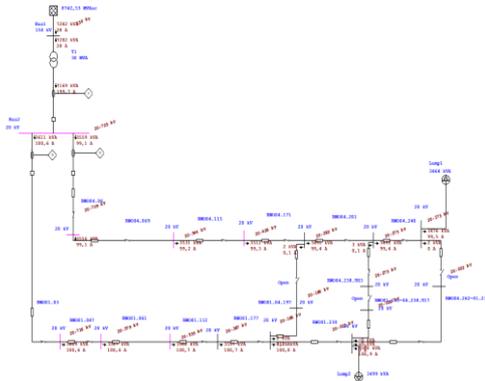
Gangguan dialokasikan pada 4 titik yaitu:

1. Gangguan 1: terjadi pada bus RWO04.171 dengan gangguan hubung singkat 3 fasa.
2. Gangguan 2: terjadi pada bus RWO01.04.197 dengan gangguan hubung singkat 3 fasa.
3. Gangguan 3: terjadi pada bus RWO01.112 dengan gangguan hubung singkat 3 fasa.
4. Gangguan 4: terjadi pada bus RWO04-262.01-235 dengan gangguan hubung singkat 3 fasa.

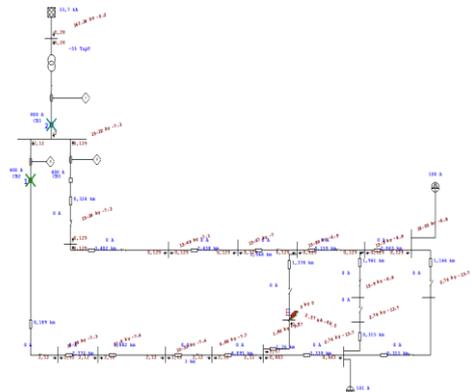
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Keadaan Normal

Jaringan topologi mesh memiliki karakteristik dimana beban dapat disaluri lebih dari satu feeder. Dalam kondisi normal, kedua penyulang dipisahkan oleh LBS pada posisi NO (*Normally Open*) baik di ujung jaringan maupun ditengah jaringan. Kondisi ini akan disimulasikan menggunakan software ETAP 12.6 dengan fitur *load flow analysis* dengan tujuan melihat kondisi awal jaringan. Berikut simulasi *load flow analysis* pada etap, dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 21 Simulasi ETAP Kondisi Normal



Gambar 23 Simulasi Kondisi Ketika Gangguan 2

4.1.1 Hasil Pembebanan Trafo Kondisi Normal

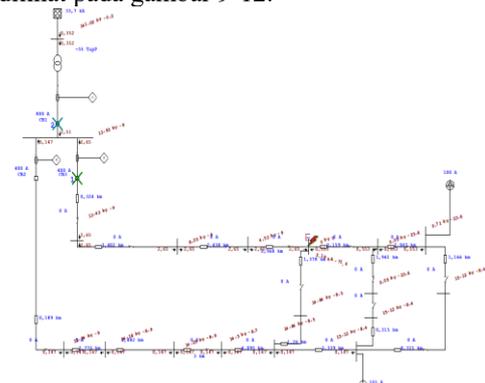
Tabel 10 Persentase Pembebanan Trafo Kondisi Normal

Trafo ID	Type	Kapasitas (MVA)	Beban	
			MVA	%
T1	Trafo Tenaga	30	3,569	11,9

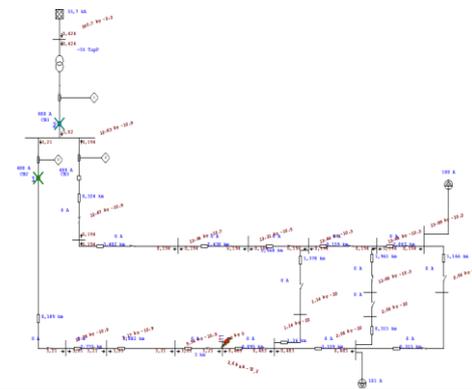
Berdasarkan tabel 5, trafo menyalurkan daya kepada 2 penyulang yaitu RWO04 dan RWO01 sebesar 7,169 MVA atau dengan persentase 23,9% dari 30 MVA.

4.2 Hasil Simulasi Kondisi Ketika Gangguan

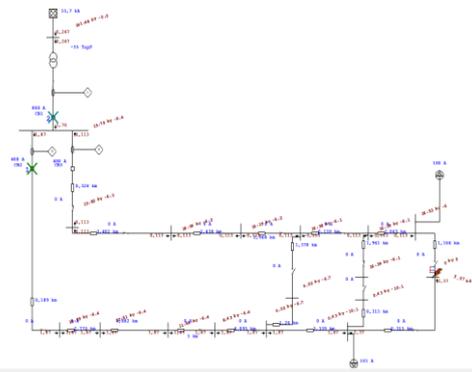
Pola pengoperasian gangguan pada jaringan mesh, ketika terjadi sebuah gangguan pada 4 titik gangguan yang sudah dialokasikan, CB akan memutus gangguan. Sehingga penyulang yang mengalami gangguan akan padam. Dapat dilihat pada gambar 9-12.



Gambar 22 Simulasi Kondisi Ketika Gangguan 1



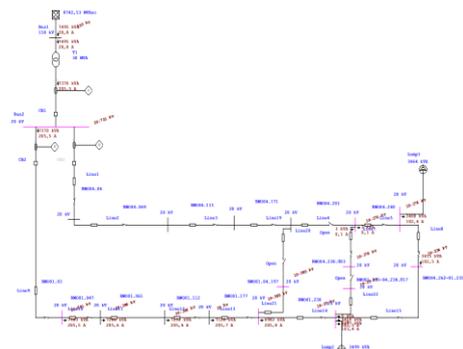
Gambar 24 Simulasi Kondisi Ketika Gangguan 3



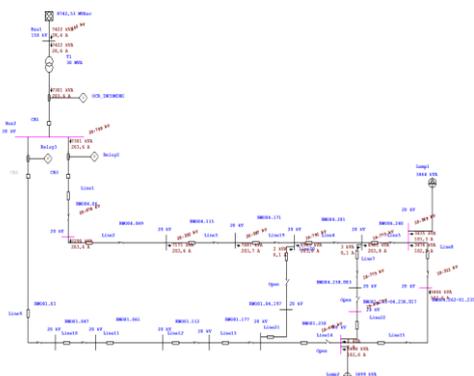
Gambar 25 Simulasi Kondisi Ketika Gangguan 4

4.2.1 Simulasi Penanganan Setelah Gangguan

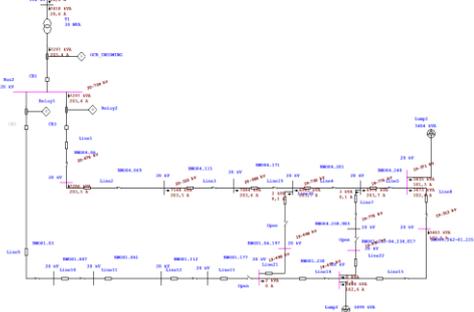
Sebagai penanganan setelah gangguan hubung singkat 3 fasa maka CB akan off serta LBS terdekat pada gangguan yang semula *normally close* akan menjadi *open* dengan tujuan untuk mengisolasi gangguan dan LBS yang ada pada ujung jaringan yang semula *normally open* akan menjadi *close*. Dapat dilihat pada gambar 13-16.



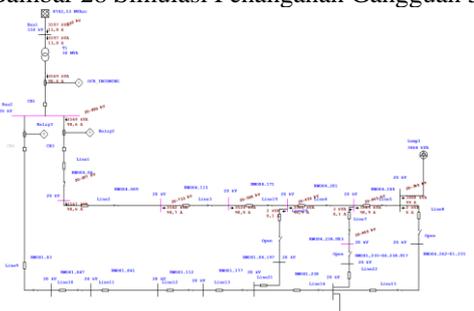
Gambar 26 Simulasi Penanganan Gangguan 1



Gambar 27 Simulasi Penanganan Gangguan 2



Gambar 28 Simulasi Penanganan Gangguan 3



Gambar 29 Simulasi Penanganan Gangguan 4

4.2.2 Hasil Pembebanan Trafo Setelah Gangguan

Tabel 11 Persentase Pembebanan Trafo Setelah Penanganan Gangguan 1

Trafo ID	Type	Kapasitas (MVA)	Beban	
			MVA	%
T1	Trafo Tenaga	30	7,370	24,6

T1	Trafo Tenaga	30	7,370	24,6
----	--------------	----	-------	------

Tabel 12 Persentase Pembebanan Trafo Setelah Penanganan Gangguan 2

Trafo ID	Type	Kapasitas (MVA)	Beban	
			MVA	%
T1	Trafo Tenaga	30	7,301	24,3

Tabel 13 Persentase Pembebanan Trafo Setelah Penanganan Gangguan 3

Trafo ID	Type	Kapasitas (MVA)	Beban	
			MVA	%
T1	Trafo Tenaga	30	7,297	24,3

Tabel 14 Persentase Pembebanan Trafo Setelah Penanganan Gangguan 4

Trafo ID	Type	Kapasitas (MVA)	Beban	
			MVA	%
T1	Trafo Tenaga	30	3,569	11,9

4.2.3 Hasil Ketahanan Penghantar Setelah Gangguan

Tabel 15 Persentase Pembebanan Penghantar Setelah Gangguan

No	Titik Gangguan	Lin e	KH A	Ampe re	% beban
1	Gangguan 1 (RWO01.177 to RWO01.230)	Lin e 14	425 A	205,9	48,45 %
2	Gangguan 2 (RWO04.201 to RWO04.240)	Lin e 5	425 A	203,9	47,98 %
3	Gangguan 3 (RWO04.240)	Lin e 5		203,8	47,95 %

	201 to RWO04.2 40)				
4	Gangguan 4 (RWO04. 171 to RWO04.2 01)	Lin e 4		98,9	23,27 %

5. Kesimpulan

Mekanisme pengoperasian pada topologi jaringan *mesh* yang diterapkan di Gardu Induk Rawalo. Ketika dalam kondisi normal, tidak terdapat adanya gangguan critical serta kondisi trafo pada awal jaringan dalam kondisi baik. Ketika gangguan terjadi, CB akan bekerja memutuskan gangguan kemudian dilakukan penanganan dengan melepas CB dan LBS akan mengisolasi gangguan untuk menjaga keandalan jaringan. Hasil dari pembebanan trafo dan penghantar setelah gangguan tidak pada pembebanan maksimum.

UCAPAN TERIMAKASIH

Tim peneliti mengucapkan terimakasih kepada Politeknik Negeri Bandung, melalui wakil Direktur Akademik atas bantuan

pendanaan penyusunan tugas akhir nomor B/209/PL1/HK.02.00/2022.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Syurifjal and R. Monantun, Jaringan Distribusi Tenaga Listrik, KPDM DAN KEBUDAYAAN, R INDONESIA, 2014.
- [2] A. V. Anugrah, H. Eteruddin and A. Arlenny, "Studi Pemasangan Express Feeder Jaringan Distribusi 20 kV Untuk Mengatasi Drop Tegangan Pada Feeder Sorek PT PLN (Persero) Rayon Pangkalan Kerinci.," *SainETIn (Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri)*, vol. 4, p. 65 – 71, 2020.
- [3] M. A. Sugiana, F. Hunaini and M. Muksim, "Software untuk Penentuan Lokasi Gangguan Jaringan Distribusi dengan Metode Takagi," *JASEE Journal of Application and Science on Electrical Engineering*, pp. 40-50, 2020.
- [4] A. G. Agussalim and D. Arisandi, "Analisis Gangguan Hubung Singkat Pada Jaringan Distribusi 20 Kv Di Gardu Induk Panakkukang.," *Jurnal Teknologi Elekterika*, vol. 2, pp. 156-162, 2017.
- [5] I. Safitri, G. Gunawan and A. A. Nugroho, "Analisa Koordinasi Setting Proteksi Over Current Relay (OCR) Outgoing 20 kV dan Recloser pada Trafo II 60 MVA Feeder RBG 01 di Gardu Induk 150 kV Rembang," *Elektrika*, pp. 22-30, 2020.