

Analisis Kinerja Sistem Proteksi Berdasarkan Peramalan Beban Pada Penyulang Galunggung

Mochammad Mieftah^{*a)}, Imron Ridzki^{a)}, Rachmat Sutjipto^{a)}, Bakti Indra Kurniawan^{a)}

(Artikel diterima: September 2023, direvisi: Oktober 2023)

Abstract: *The Galunggung feeder has a total line length of 10.68 kilometers and is supplied by power transformer number 1 at the Polehan substation, with a capacity of 30 MVA. As of December 2020, the peak load on the Galunggung feeder was recorded at 231.4 A, while the lowest load was 133.9 A. Up to the current condition, the Galunggung feeder is operating within standard parameters, with a voltage drop of 0.434 kV or 2.17%. However, it is possible that with future developments and an increase in the number of customers over the years, the energy demand will also increase. Due to this additional energy demand, the protection system may require adjustments to accommodate the increased load. After conducting load forecasting using simple linear regression, a forecast for the next 10 years was obtained. In the year 2030, it is anticipated that the Galunggung feeder will experience a 24% increase in load. With this load increase and no changes to transformers or conductors, there will be no alterations to impedance and short-circuit current calculations. Therefore, no protection setting adjustments are necessary. The recommended action would be to upgrade some transformers that are approaching their capacity limits.*

Keywords: *Galunggung Feeder, Protection system, load forecasting .*

1. Pendahuluan

Sistem distribusi merupakan bagian integral dari infrastruktur tenaga listrik yang bertujuan mengalirkan tenaga listrik dari sumber besar ke pelanggan. Ini berperan dalam distribusi daya listrik ke berbagai pelanggan dan merupakan sub-sistem tenaga listrik yang berhubungan langsung dengan konsumen. Pusat-pusat beban dijalan dengan menghubungkan melalui jaringan distribusi. Di Indonesia, distribusi tenaga listrik sering menggunakan Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) dengan tegangan sekitar 20 kV. Dalam mengalirkan energi listrik melalui jaringan distribusi yang panjang, terutama di daerah tepian pantai, terdapat tantangan yang berkaitan dengan penurunan tegangan sepanjang jaringan. Penurunan tegangan ini dapat mengakibatkan kerugian daya yang signifikan selama proses distribusi.

Kawasan Dieng di Kota Malang adalah area yang diperkirakan akan berkembang pesat. Kawasan ini mendapat pasokan melalui Penyulang Galunggung dengan panjang saluran 10,68 kilometer yang berasal dari Gardu Induk Polehan, yang dilengkapi dengan trafo kapasitas 30 MVA. Pada Desember 2020, catatan menunjukkan bahwa beban puncak pada Penyulang Galunggung mencapai 231,4 A, sementara beban terendahnya adalah 133,9 A. Hingga saat ini, Penyulang Galunggung masih mematuhi standar yang ditetapkan (sesuai PERMEN ESDM tahun 2007) dengan drop tegangan sekitar 0,434 kV atau 2,17%.

Dengan perkembangan yang diharapkan di Kawasan Dieng, khususnya dalam hal peningkatan jumlah pelanggan, akan ada peningkatan kebutuhan energi. Kenaikan kebutuhan ini berpotensi meningkatkan penurunan tegangan, yang kemudian memerlukan perubahan dalam sistem proteksi. Oleh karena itu, tindakan pencegahan harus diambil sejak dini untuk memastikan kelancaran distribusi daya listrik dan menjaga keandalan sistem.

Penelitian dimulai dengan pengumpulan data awal termasuk data single line diagram rayon Dinoyo, data penyulang Galunggung, data gardu induk, data trafo, data saluran, data beban, dan data proteksi. Data trafo yang diperlukan meliputi daya trafo, frekuensi, impedansi, tegangan primer dan sekunder.

Soekarno Hatta No.9, Kota Malang, Indonesia.

Data saluran melibatkan tegangan, jenis kabel, luas penampang, kapasitas penghantar arus, panjang saluran, dan impedansi. Data beban mencakup informasi mengenai beban di Gardu Induk, termasuk tegangan, arus, dan daya. Data beban digunakan untuk peramalan beban dengan mengacu pada data beberapa tahun sebelumnya. Data proteksi mencakup spesifikasi dan setting pengaman. Semua data ini dianalisis dan dievaluasi. Penelitian sebelumnya telah melibatkan peramalan beban 10 tahun ke depan menggunakan metode regresi sederhana. Namun, dalam penelitian saat ini, setelah mendapatkan data beban selama 10 tahun mendatang, perhatian dialihkan pada analisis sistem proteksi di Penyulang Galunggung. Jika hasil analisis menunjukkan perlunya penyesuaian setting proteksi, maka penyesuaian tersebut akan dilakukan sesuai dengan data 10 tahun mendatang.

Hasil dari penelitian ini dapat digunakan sebagai rekomendasi solusi alternatif dan sebagai bahan evaluasi dalam perencanaan pengembangan sistem kelistrikan di masa depan. Selain itu, penelitian ini membantu memahami kebutuhan beban yang akan datang dan setting sistem proteksi yang sesuai.

2. Metode Penelitian

Penyulang Galunggung masuk pada daerah kerja Area Malang yang terbagi menjadi 3 jalur besar yaitu 1 (satu) jalur utama dan 2 (dua) percabangan terpanjang, dengan rincian sebagai berikut :

Jalur transline yaitu jalur dari tiang C01000 hingga tiang C60175 dengan panjang $\pm 19,589$ kms.

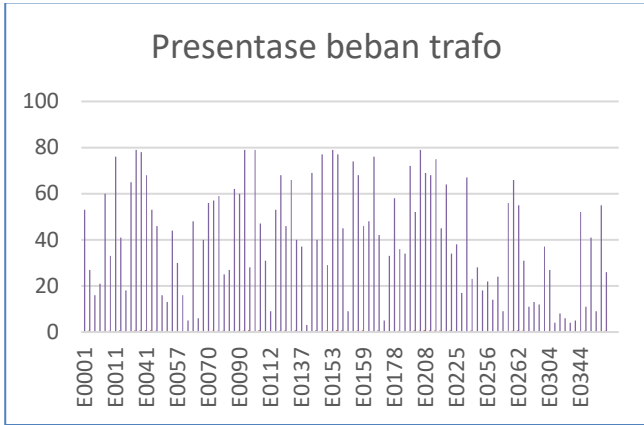
Cabang 1 yaitu dari tiang C02086 - C09009A23D02A13D09 dengan panjang saluran $\pm 11,440$ kms.

Cabang 2 yaitu dari tiang C04001- C04001D22C02D26A03 dengan panjang saluran $\pm 3,325$ kms.

Penyulang ini merupakan penyulang yang terbanyak dari penyulang lain yaitu sebanyak 70 Gardu Milik PLN dan 32 Gardu Milik Pelanggan sehingga total keseluruhan adalah 102 Gardu. Berikut ini merupakan data awal pembebanan tiap – tiap gardu pada penyulang Galunggung.

Korespondensi: Moch.mieftah@polinema.ac.id

a) Prodi Sistem Kelistrikan, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Jl.



GAMBAR 2.1. KONDISI PEMBEBANAN TRAFU PADA PENYULANG GALUNGGUNG TAHUN 2020

Diketahui pada grafik diatas, bahwa ada sekitar 20 trafo dari 102 yang sudah mencapai 75 % pembebanan. Perkiraan pada 10 tahun kedepan trafo – trafo tersebut akan mencapai angka pembebanan di 95 % sehingga perlu dilakukan peningkatan kapasitas, dimana uprating trafo akan mempengaruhi impedansi saluran dan komponen proteksi juga perlu dilakukan pergantian.

2.1 Perhitungan impedansi

Impedansi seri dibentuk oleh resistansi dan induktansi yang terbagi rata di sepanjang saluran. Impedansi merupakan komponen yang digunakan dalam perhitungan gangguan hubung singkat. Impedansi menurut urutannya dibagi menjadi 3 yaitu urutan positif, negatif dan nol.

a. Perhitungan Impedansi Dasar

Base daya = Dihitung melalui MVA sumber

Perhitungan MVA Hubung Singkat Bus 70 kV

$$MVA_{sc} = \sqrt{3} \times kV \times I_{sc} (3\phi)$$

$$MVA_{sc} = \sqrt{3} \times 70 \times 6,739543 = 817,126 \text{ MVA}$$

$$\text{Harga PU} = (\text{Harga sebenarnya}) / (\text{Harga base}) = 817,126 / 817,126 = 1 \text{ PU}$$

Base tegangan = 70 kV

$$\text{Harga PU} = (\text{Harga}$$

$$\text{sebenarnya}) / (\text{Harga base})$$

$$= 70 / 70 = 1 \text{ PU}$$

Base Arus = (Base daya (MVA)) / ($\sqrt{3} \times$ Base tegangan (kV))

$$= 817,126 / (\sqrt{3} \times 70 \text{ kV}) = 6739,543 \text{ A}$$

$$\text{Harga PU} = (\text{Harga sebenarnya}) / (\text{Harga base})$$

$$= 6739,543 / 6739,543 = 1 \text{ PU}$$

Base Impedansi = (kV)² / MVA_{sc}

$$= 70^2 / 817,126 = 5,9966 \Omega$$

$$\text{Harga PU} = (\text{Harga sebenarnya}) / (\text{Harga base}) = 5,9966 / 5,9966 = 1 \text{ PU}$$

b. Perhitungan Reaktansi Sumber.

Data MVA hubung singkat 3 fasa di bus 70 kV Gardu Induk Polehan adalah 6,739819 kA, maka besar impedansi sumber sesuai dengan persamaan :

$$X_{S70} = \frac{(kV)^2}{MVA_{sc}} = \frac{70^2}{817,126} = 5,9966 \Omega$$

$$\text{Harga PU} = \frac{\text{Harga sebenarnya}}{\text{Harga base}} = \frac{5,996}{5,996} = j 1 \text{ PU}$$

Impedansi sumber di sini merujuk pada nilai dalam Ohm yang berlaku pada sisi 70 kV dan mencakup semua unit yang beroperasi, termasuk impedansi sumber daya pembangkit, impedansi transformator tenaga, dan impedansi transmisi. Namun, dalam perhitungan gangguan hubung singkat yang akan dilakukan pada sisi 20 kV (sebagai dasar perhitungan pada tegangan 20 kV), diperlukan konversi impedansi sumber ke sistem tegangan 20 kV. Dengan kata lain, perhitungan arus gangguan hubung singkat dilakukan dengan menggunakan tegangan 20 kV sebagai acuannya.

Untuk melakukan konversi impedansi yang semula berlaku pada sisi 70 kV ke sisi 20 kV, langkah-langkah berikut perlu diikuti: Daya transformator tenaga antara sisi primer dan sekunder sama

Maka :

$$\text{Daya sisi 70 kV} = \text{Daya sisi 20 kV}$$

$$MVA \text{ sisi 70 kV} = MVA \text{ sisi 20 kV}$$

$$\frac{(70kV)^2}{X_{S70}} = \frac{(20kV)^2}{X_{S20}}$$

$$X_{S20} = X_{S70} \times \frac{(20 \text{ kV})^2}{(70 \text{ kV})^2}$$

$$X_{S20} = 5,9966 \Omega \times \frac{(20 \text{ kV})^2}{(70 \text{ kV})^2}$$

$$X_{S20} = 0,4895 \Omega$$

$$\text{Harga PU} = \frac{\text{Harga sebenarnya}}{\text{Harga base}} = \frac{0,4895}{5,9966} = j 0,081632 \text{ PU}$$

c. Perhitungan Impedansi Transformator Tenaga.

Reaktansi urutan positif (X_{T1}) tercantum pada name plate trafo pada masing-masing gardu induk dimana (X_{T1}) = (X_{T2}).

Pada name plate transformator di GI Polehan dengan nomor trafo 1 merk Unindo maka impedansi trafo adalah 12,34 %

Untuk mendapatkan nilai impedansi dalam bentuk per unit maka dapat dihitung dengan persamaan :

$$X_{T1} = z\% \frac{kV^2}{MVA} = 0,1234 \times \frac{20^2}{30} = j 1,64 \Omega$$

$$\text{Harga PU} = \frac{\text{Harga sebenarnya}}{\text{Harga base}} = \frac{j 1,64}{5,9966} = j 0,274377 \text{ PU}$$

d. Perhitungan Impedansi Penyulang.

Impedansi Urutan Positif dan Negatif

Berikut contoh perhitungan Impedansi urutan positif dan negatif pada penyulang Galunggung :

Penghantar 20 kV menggunakan kabel SUTM A3C 3 × 70 mm² sepanjang 4,577 km, maka impedansi kabelnya :

$$Z = (R + jX) \text{ ohm/km}$$

$$Z_1 = Z_2 = (0,4608 + j 0,364536) \text{ ohm/km}$$

Jika panjang kabel 5,89 km, dapat dihitung sebagai berikut :

$$Z_1 = Z_2 = (0,4608 + j 0,364536) \text{ ohm/km} \times 5,89 \text{ km}$$

$$Z_1 = Z_2 = (2,109082 + j 1,55188) \text{ ohm}$$

$$|Z| = \sqrt{R^2 + X^2}$$

$$|Z| = \sqrt{2,109082^2 + 1,55188^2}$$

$$|Z| = 2,618503$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{X}{R} = \tan^{-1} \frac{1,55188}{2,109082}$$

$$\theta = 36,34594^\circ$$

$$\text{Jadi } Z_1 = 2,618503 \angle 36,34594^\circ \text{ ohm}$$

$$\text{Harga } Z_1 \text{ PU} = \frac{\text{Harga sebenarnya}}{\text{Harga base}} = \frac{2,618503 \angle 36,34594^\circ}{7,14} = 0,436665 \angle 36,34594^\circ \text{ PU}$$

TABEL 2.1. IMPEDANSI TOTAL POSITIF DAN NEGATIF TOTAL PENYULANG GALUNGGUNG

No	Jenis Penghantar	Ukuran (m ²)	Panjang (km)	Impedansi Urutan Positif dan Negatif (Ω)		Z ₁ (Ω)	Z ₁ (pu)	sudut
				R	jX			
	MVTIC	240	0,026	0,003494	0,007739	0,008491	0,001416	65,6985
	A3COC	150	6,511	1,407678	2,034089	2,473677	0,412513	55,31508
	A3COC	95	0,029	0,008978	0,009476	0,013054	0,002177	46,5443
	A3C	70	4,577	2,109082	1,55188	2,618503	0,436665	36,34594
	Total			3,529233	3,603184	5,043651	0,841085	45,59404

- Impedansi Urutan Positif dan Negatif

Untuk menghitung impedansi ekuivalen urutan negatif dan positif dapat dihitung dengan persamaan :

$$Z_{1eq} = Z_{S20} + Z_T + Z_{1penyulang}$$

TABEL 2.2. IMPEDANSI URUTAN POSITIF DAN NEGATIF PENYULANG GALUNGGUNG

No	Panjang (%)	Impedansi Urutan Positif dan Negatif (Ω)		Z ₁ = Z ₂ (Ω)	Z ₁ = Z ₂ (pu)	Sudut	Impedansi Urutan Positif dan Negatif (pu)	
		R	jX				R	jX
1	1	0.035292	0.036032	0.05043652	0.008411	45.59404	0.024695	0.025741
2	10	0.352923	0.360318	0.50436515	0.084109	45.59404	0.246954	0.257411
3	20	0.705847	0.720637	1.0087303	0.168217	45.59404	0.493907	0.514823
4	30	1.058707	1.080955	1.51309545	0.252326	45.59404	0.740861	0.772234
5	40	1.411693	1.441274	2.0174606	0.336434	45.59404	0.987815	1.029646
6	50	1.764180	1.801525	2.5218205	0.420545	45.59404	1.234715	1.287046

		617	92	575	43	04	69	57
		2.117	2.1619	3.02619	0.5046	45.594	1.4817	1.5444
	60	54	1	09	51	04	22	69
		2.470	2.5222	3.53055	0.5887	45.594	1.7286	1.8018
	70	463	29	605	6	04	76	8
		2.823	2.8825	4.03492	0.6728	45.594	1.9756	2.0592
	80	386	47	12	68	04	3	91
		3.176	3.2428	4.53928	0.7569	45.594	2.2225	2.3167
0	90	31	66	635	77	04	84	03
		3.529	3.6031	5.04365	0.8410	45.594	2.4695	2.5741
1	100	233	84	151	85	04	37	14

Dengan asumsi gangguan pada titik 1% panjang penyulang maka impedansi ekuivalen didapat dengan persamaan :

$$Z_{1eq} = Z_{S20} + Z_T + Z_{1penyulang}$$

$$= j 0,017787 + j 0,2493 + (0,021293 + j 0,013406)$$

$$= 0,021293 + j 0,280493 \text{ PU}$$

$$|Z| = \sqrt{R^2 + X^2}$$

$$|Z| = \sqrt{0,021293^2 + 0,280493^2}$$

$$|Z| = 0.38257103$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{X}{R} = \tan^{-1} \frac{0,280493}{0,021293}$$

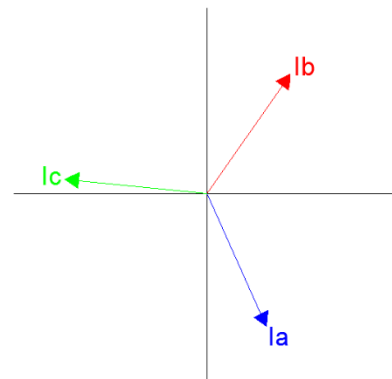
$$\theta = 86.29892^\circ$$

Jadi $Z_{1eq} = 0.38257103 \angle 86.29892^\circ \text{ PU}$

TABEL 2.3. EKIVALEN URUTAN POSITIF DAN NEGATIF PENYULANG GALUNGGUNG

No	Panjang (%)	Z _{1 eq} dan Z _{2 eq} (pu)		Z _{1 eq} dan Z _{2 eq} (pu)	Sudut
		R	jX		
1	1	0.024695	0.381773	0.38257103	86.29892
2	10	0.246954	0.613443	0.66128584	68.07178
3	20	0.493907	0.870853	1.00116568	60.44016
4	30	0.740861	1.128263	1.34976296	56.70962
5	40	0.987815	1.385673	1.70172881	54.51588
6	50	1.234715	1.643083	2.05533340	53.07542
7	60	1.481722	1.900503	2.40985548	52.05822

8	70	1.728676	2.15791 2	2.76494214 1	51.3022 2
9	80	1.97563	2.41532 3	3.12040064 9	50.7183 2
10	90	2.222584	2.67273 5	3.47611693 5	50.2538 8
11	100	2.469537	2.93014 6	3.83201921 3	49.8757



2.2 Perhitungan Arus Hubung Singkat.

Gangguan hubung singkat terbagi menjadi 2 macam yaitu gangguan simetris dan asimetris, gangguan simetris hanya terjadi pada sistem 3 fasa, dengan prosentase kejadian hanya 5 % dari total kejadian gangguan hubung singkat. Sedangkan 95 % total kejadian gangguan listrik yang ada pada sistem adalah gangguan yang tidak simetris seperti line to line atau line to ground. Sehingga pada perhitungan ini akan dilakukan analisa gangguan simetris dan asimetris

- Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa (simetris)

Arus gangguan hubung singkat 3 fasa dapat dihitung sebagai berikut, dimisalkan gangguan pada lokasi 100% dari panjang penyulang, dasar tersebut diambil dari (Sarimun,2012)

Lokasi gangguan 1% panjang penyulang Galunggung

$$I_{fault\ 3\ fasa} = \frac{V_{ph}}{Z_{1eq}}$$

$$I_{fault\ 3\ fasa} = \frac{20}{70} \angle 0^\circ = \frac{0.38257103 \angle 86.29892^\circ}{7103}$$

$$I_{fault\ 3\ fasa} = 0.746826767 \angle -86.30^\circ\ PU$$

$$\text{Harga sebenarnya} = \text{Harga PU} \times \text{Harga Base}$$

$$\text{Harga sebenarnya} = 0.74682676 \angle -86.30^\circ A \times 12123,78$$

$$\text{Harga sebenarnya} = 4764.413471 \angle -86.30^\circ A$$

Karena ini merupakan arus gangguan 3 fasa, maka akan ada 3 vektor sebagai berikut :

$$I_A = 4764.413471 \angle -86.30^\circ A$$

$$I_B = 4764.413471 \angle 154,34^\circ A$$

$$I_C = 4764.413471 \angle 33.70^\circ A$$

GAMBAR 2.2 VEKTOR ARUS HUBUNG SINGKAT 3 FASA

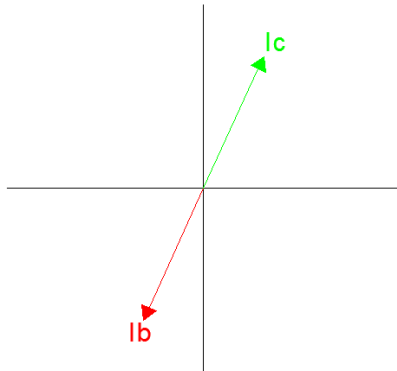
TABEL 2.4 ARUS GANGGUAN HUBUNG SINGKAT 3 FASA PENYULANG GALUNGGUNG

No	Panjang (%)	Z ₁ _{eq} dan Z ₂ _{eq}	Sudut	Arus Gangguan 3 fasa	Arus Gangguan 3 fasa	Sudut Ia	Sudut Ib	Sudut Ic
		(pu)		(pu)	(A)			
1	1	0.38257103 7103	86.2 9892	0.746826767	4764.413471	-86.30	15.37	33.70
2	10	0.661285849	68.0 7178	0.432058672	2756.336876	-68.07	17.19	51.93
3	20	1.001165686	60.4 4015	0.28538162	1820.604318	-60.44	17.95	59.56
4	30	1.349762963	56.7 0962	0.211677379	1350.404938	-56.71	18.32	63.29
5	40	1.701728813	54.5 1588	0.167896485	1071.102844	-54.52	18.54	65.48
6	50	2.055333407	53.0 7542	0.139011162	886.827687	-53.08	18.69	66.92
7	60	2.409855482	52.0 5829	0.118560755	756.3634354	-52.06	18.79	67.94
8	70	2.764942141	51.3 0222	0.103334635	659.2277445	-51.30	18.87	68.70
9	80	3.120400649	50.7 1832	0.091563334	584.1322241	-50.72	18.92	69.28
10	90	3.476116935	50.2 5388	0.08219352	524.3570931	-50.20	18.97	69.75

						25	5	
		3.	4	0.07	475.6569	-	19	
11	100	832019	9.87	4559722	5	49.	0.1	70.
		213	57			88	2	12

- Gangguan hubung singkat 2 fasa (asimetris)

Seperti halnya gangguan 3 fasa, gangguan hubung singkat 2 fasa juga dihitung untuk lokasi gangguan yang diasumsikan terjadi pada seperti pada tabel. Dalam hal ini dianggap nilai $Z1_{eq} = Z2_{eq}$, sehingga persamaan arus gangguan hubung singkat 2 fasa diatas dapat disederhanakan menjadi seperti persamaan :



GAMBAR 2.3 VEKTOR ARUS GANGGUAN HUBUNG SINGKAT 2 FASA

$$I_{fault\ 2\ fasa} = \frac{V_{ph-ph}}{2 \times Z_{1\ eq}}$$

Lokasi gangguan 1% panjang penyulang matos

$$I_{fault\ 2\ fasa} = \frac{20}{70} \angle 0^\circ = 0.765142061 \angle 86.29892^\circ$$

$$I_{fault\ 2\ fasa} = 0.373413383 \angle -86.30^\circ \text{ PU}$$

Harga sebenarnya = Harga PU × Harga Base
 Harga sebenarnya = $0.373413383 \times 12123,78$
 Harga sebenarnya = $2382.206736 \angle -86.30^\circ \text{ A}$

Karena ini merupakan arus gangguan 2 fasa, maka akan ada 2 vektor sebagai berikut :

$$I_B = 2382.206736 \angle -86.30^\circ \text{ A}$$

$$I_C = 2382.206736 \angle 93,70^\circ \text{ A}$$

Tabel 5 Arus Gangguan Hubung Singkat 2 Fasa Penyulang Galunggung

No	Panjang (%)	$2*(Z1_{eq})$	Sudut	Arus Gangguan 2 fasa	Arus Gangguan 2 fasa	Sudut lb	Sudut lc
		(pu)		(pu)	(A)		
1	14206	0.765	86.2	0.3734133	2382.2067	-	93.
			989	83	36	86.	70

		1	2			30	
		1.322	68.0	0.2160293	1378.168	-	111
		57169	717	36	438	68.	.93
2	10	8	8			07	
		2.002	60.4	0.1426908	910.3021	-	119
		33137	401	1	588	60.	.56
3	20	3	5			44	
		2.699	56.7	0.1058386	675.2024	-	123
		52592	096	89	691	56.	.29
4	30	7	2			71	
		3.403	54.5	0.0839482	535.5514	-	125
		45762	158	42	221	54.	.48
5	40	5	8			52	
		4.110	53.0	0.0695055	443.4138	-	126
		66681	754	81	435	53.	.92
6	50	4	2			08	
		4.819	52.0	0.0592803	378.1817	-	127
		71096	582	78	177	52.	.94
7	60	4	9			06	
		5.529	51.3	0.0516673	329.6138	-	128
		88428	022	17	723	51.	.70
8	70	2	2			30	
		6.240	50.7	0.0457816	292.06611	-	129
		80129	183	67	21	50.	.28
9	80	8	2			72	
		6.952	50.2	0.0410967	262.1785	-	129
		23387	538	6	466	50.	.75
0	90	8	8			25	
		7.664	49.8	0.0372798	237.8284	-	130
		03842	49.8	61	75	49.	.12
1	100	7	757			8	

Hasil perhitungan arus gangguan hubung singkat 3 fasa dapat digunakan untuk menentukan setting *Over Current Relay*.

2.3 Setting OCR

Berdasarkan data KHA penghantar, diperoleh arus dibawah ini KHA penghantar penyulang = 225 A

untuk menentukan setelan arus setting dengan rumus seperti dibawah ini :

$I_{setting} = 1,2 \times I_{KHA\ penyulang} = 1,2 \times 225 \text{ A} = 270$
 Sehingga pada penyulang galunggung perhitungan t pada gangguan 3 fasa di jarak 1% panjang penyulang adalah sebagai berikut :

$$TMS = \frac{\left[\left(\frac{4764.413471}{270} \right)^{0,02} - 1 \right] \times 0,3}{0,14} = 0,135$$

Terdapat perbedaan pada I setting . PLN menentukan setting arus sebesar 320 A sedangkan hasil perhitungan didapatkan nilai sebesar 270 A,. Karena I Set-ting PLN lebih besar daripada I setting maka harus adanya penurunan nilai I set-ting OCR PLN.

Perhitungan I setting mempertimbangkan ratio CT di sisi penyulang galunggung yaitu sebesar 300/5 .

untuk menentukan I setting menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$I \text{ setting} = 1,05 \times I \text{ KHA penghantar} \\ = 1,05 \times 225 \\ = 236,25 \text{ A}$$

Sehingga pada penyulang matos perhitungan t pada *over current relay recloser* adalah sebagai berikut :

No	Fault	Panjang %	Jenis Gangguan	Waktu	
			3 Fasa (A)	OCR (s)	Recloser (s)
1	F1	10	4764.413471	0.371	0.143
2	F2	20	2756.336876	0.451	0.171
3	F3	40	1071.102844	0.620	0.229
4	F4	60	756.3634354	0.821	0.294
5	F5	80	584.1322241	1.079	0.372
6	F6	100	475.65695	1.435	0.470

$$TMS = \frac{\left[\left(\frac{843,2530}{236,25} \right)^{0,02} - 1 \right] \times 0,2}{0,14} = 0,037$$

TABEL 2.6. WAKTU SETTING OCR DAN RECLOSER PENYULANG GALUNGGUNG

Sesuai hasil perhitungan untuk I setting relay untuk recloser pada penyulang matos yang awalnya di setting sebesar 300 A sedangkan hasil perhitungan sebesar 236.25 A. Apabila terjadi gangguan yang besar arusnya melebihi I setting maka relay arus lebih yang ada pada recloser akan memerintahkan CB/ PMT untuk membuka tanpa jeda waktu, namun terlihat hasil perhitungan diatas bahwa I setting yang digunakan PLN sangat jauh nilainya dengan perhitungan sehingga perlu adanya perubahan I setting.

Koordinasi pengaman OCR dengan Recloser merupakan salah satu fungsi untuk mengamankan jaringan dari gangguan 3 fasa, adapun setting pengamannya sebagai berikut :

Untuk gangguan F1 dan F2 pengaman yang bekerja adalah pengaman outgoing feeder, sedangkan untuk gangguan F3, F4, F5 dan F6, maka yang bekerja adalah recloser berlaku pada penyulang galunggung.

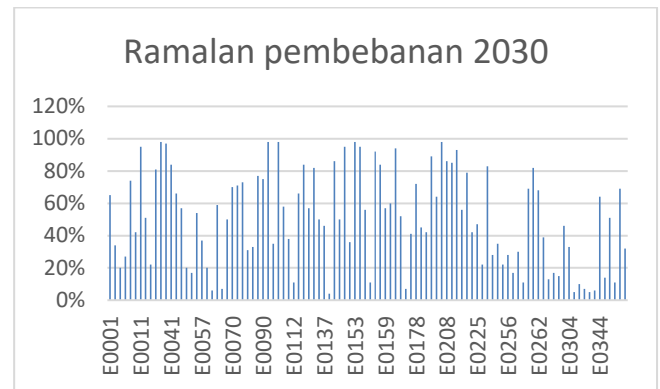
Untuk gangguan F1,F2 F3,dan F4 pengaman yang bekerja adalah pengaman outgoing feeder, sedangkan untuk gangguan F5 dan F6 , maka yang bekerja adalah recloser berlaku pada penyulang matos.

3. Hasil dan Pembahasan

Peramalan beban menggunakan metode regresi linier pertumbuhan beban Rumah tangga, Bisnis, umum, dan industri di pertimbangkan dalam pertumbuhan beban 10 tahun ke depan. Dari hasil peramalan beban ada kenaikan beban sebesar 24% pada tahun 2030. Hasil peramalan beban ditunjukkan pada Gambar 4. Hasil pembebanan trafo pada tabel di atas setelah dilakukan peramalan beban ada beberapa kondisi trafo yang pembebanannya mendekati 100%. Sehingga perlu direkomendasikan pengantian beberapa trafo dengan persentasi diatas 90% sebagai berikut :

- 1) No Gardu E0011 dengan pembebanan 95%
- 2) No Gardu E0037 dengan pembebanan 98%
- 3) No Gardu E0039 dengan pembebanan 97%
- 4) No Gardu E0091 dengan pembebanan 98%
- 5) No Gardu E0096 dengan pembebanan 98%
- 6) No Gardu E0149 dengan pembebanan 95%
- 7) No Gardu E0153 dengan pembebanan 98%
- 8) No Gardu E0154 dengan pembebanan 95%

- 9) No Gardu E0157 dengan pembebanan 92%
- 10) No Gardu E0205 dengan pembebanan 98%
- 11) No Gardu E0220 dengan pembebanan 93%



Gambar 4. Hasil peramalan beban di tahun 2030

Dengan demikian pada tahun 2030 yang perlu di rekomendasikan untuk pengantian trafo dengan kapasitas yang lebih besar ada 11 trafo. Sedangkan untuk pengaman di penyulang dengan melihat tidak adanya pengantian trafo dan penghantar, maka hitungan impedansi tidak ada perubahan sehingga hitungan setting pengaman tidak berubah.

4. Kesimpulan

Kondisi pengaman saat ini di Penyulang Galunggung dengan melihat beban yang ada yaitu pada tahun 2020 masih sesuai dengan perhitungan. Hasil peramalan 10 tahun mendatang yaitu pada tahun 2030 adalah terdapat kenaikan beban sebanyak 24 %, dengan adanya kenaikan beban tersebut maka berpengaruh terhadap pembebanan trafo yang semakin meningkat mendekati kapasitas trafo. Dikarenakan tidak adanya perubahan peralatan seperti trafo dan penghantar, maka impedansi tidak berubah, perhitungan short circuit juga tidak berubah sehingga tidak ada perubahan setting pada pengaman. Namun ada 11 trafo yang direkomendasikan untuk di lakukan upgrade karena pembebanan diatas 90 % yaitu di nomor gardu E0011, E0037, E0039, E0092, E 0096, E0149, E0153, E0154, E0157, E0205, E0220.

Daftar Pustaka

- [1] M. Mieftah, Sukamdi, Bakti Indra K. 2020. Analisis Aliran Daya Akibat Pengaruh Pengalihan Beban di Kawasan Dieng. Seminar Nasional Teknologi Elektro Terapan. Vol.04, ISSN: 2581-0049.
- [2] M. Mieftah, Imron Ridzki, Bakti Indra K. 2021. Analisis Aliran Daya Berdasarkan Peramalan Beban Pada Salah Satu Penyulang Di Malang. Seminar Nasional Teknologi Elektro Terapan. Vol.05, ISSN: 2581-0049.
- [3] Hadi Suyono and R. N. Hasanah. 2016. Analysis of power losses due to distribut-ed generation increase on distribution system. Journal Technologi Science and Engineering. 78(6-3), 23-28.
- [4] Indra Bakti, Hadi Suyono & Soekotjo Harry. 2017. Injection Analysis of 5 MWp Photovoltaic Power Plant on 20 kV Distribution Network In Kupang. International Journal of Research in Engineering and Science. Vol 5 PP45-50.
- [5] Jr. Stevenson D. William. 1983. Elements of Power System Analysis. Four Edi-tion. Terjemahan Idris K. Jakarta: Erlangga.
- [6] Kadir Abdul. 2006. Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik.

Jakarta: Universitas Indonesia.

- [7] Baskoro, F., Alamsyah, F., & Suprianto, B. (2021). Peramalan Beban Listrik Harian Menggunakan Artificial Neural Network. *Jurnal Teknik Elektro*, 10(1), 203-209.
- [8] Gumilang, R. C. (2020). Koordinasi sistem proteksi tegangan menengah dengan tegangan rendah pada power distribution system (PDS) Mass Rapid Transit. SKRIPSI-2018.
- [9] Tharo, Z., Syahputra, M. R., Hamdani, H., & Sugino, B. (2020). Analisis Sistem Proteksi Jaringan Tegangan Menengah Menggunakan Aplikasi Etap Di Bandar Udara Internasional Kualanamu. *JOURNAL OF ELECTRICAL AND SYSTEM CONTROL ENGINEERING*, 4(1), 33-42.
- [10] Hidayat, M. A. (2021). Evaluasi Sistem Proteksi pada Jaringan Tegangan Menengah Kabupaten Kepulauan Selayar. *Dewantara Journal of Technology*, 1(2), 23-28.
- [11] Mashudi, M. I., Krismanto, A. U., & Agustini, N. P. (2020). Analisa Pengaruh Variasi Beban Terhadap Profil Tegangan Pada Feeder GI Polehan Distribusi 20 kV PLN Kota Malang. Analisa Pengaruh Variasi Beban Terhadap Profil Tegangan Pada Feeder GI Polehan Distribusi 20 kV PLN Kota Malang, 1-11.
- [12] Mieftah, M., Sukamdi, S., Kurniawan, B. I., Budi, S., & Alexander, T. (2020, August). ANALISIS ALIRAN DAYA AKIBAT PENGARUH PENGALIHAN BEBAN DI KAWASAN DIENG. In *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Elektro Terapan* (Vol. 4, No. 1, pp. 44-47).
- [13] AFRIANDI, W. (2020). PERHITUNGAN SKEMA SETTING PROTEKSI RELE OCR PADA TRANSFORMATOR DAYA 60 MVA# 1 150/20 KV GARDU INDUK SIMPANG TIGA DENGAN MENGGUNAKAN MATHCAD (Doctoral dissertation, POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA).
- [14] Prayoga, C., Panggayudi, D. S., Rosyadi, M., & Astomo, R. B. W. (2021). Koordinasi Setting Proteksi Akibat Uprating Transformator 70/11, 5 kV Menggunakan DIgSILENT 15.1. 7 dan ETAP 16. *SinarFe7*, 4(1), 121-128.
- [15] Romadhoni, M. L., Nasution, M. F., & Utami, R. M. (2022). Penerapan Pola Koordinasi Proteksi Non-Cascade Pada Ocr Incoming Dan Ocr Penyulang Trafo. *ENERGI & KELISTRIKAN*, 14(1), 119-12