

Rekonfigurasi Jaringan untuk Mereduksi Jatuh Tegangan dan Rugi-rugi Daya pada Sistem Distribusi 20 kV PT PLN Tarakan

Patria Julianto¹ Rio Jordan Caezar Manapa¹

¹ Program Studi Teknik Elektro, Universitas Borneo Tarakan

✉ patria@borneo.ac.id

Penyaluran energi listrik kepada pelanggan harus selalu memperhatikan kualitas dari penyaluran atau distribusi energi listrik. Paramater yang menentukan kualitas penyaluran antara lain: jatuh tegangan dan rugi-rugi daya pada saluran. Pada penelitian ini untuk menjaga kualitas saluran distribusi khususnya pada saluran distribusi 20 kV PT. PLN Tarakan dilakukan melalui rekonfigurasi jaringan dengan menggunakan metode Simple Branch Exchange. Berdasarkan hasil perhitungan pada kondisi eksisting didapatkan nilai rugi-rugi daya aktif sebesar 931,8 kW dan rugi-rugi daya reaktif sebesar 1.635,8 kVAR dengan tegangan paling rendah sebesar 18,45 kV. Setelah dilakukan perbaikan melalui rekonfigurasi jaringan, rugi-rugi daya aktif dan reaktif berhasil direduksi menjadi masing-masing sebesar 573,1 kW dan 1.287,4 kVAR, sedangkan tegangan paling rendah sebesar 19,90 kV.

Kata kunci: aliran daya, rugi-rugi daya, jatuh tegangan, rekonfigurasi jaringan, simple branch exchange

Diajukan: 2 Oktober 2024

Direvisi: 10 November 2024

Diterima: 15 Desember 2024

Dipublikasikan online: 17 Desember 2024

Pendahuluan

Listrik telah menjadi kebutuhan dasar atau kebutuhan pokok bagi umat manusia saat ini. Aktivitas yang semakin banyak membuat pasokan listrik yang dibutuhkan akan semakin besar baik untuk kebutuhan rumah tangga, sosial, industri, pemerintahan dan lain-lain. Untuk itu pendistribusian pasokan energi listrik harus selalu terjamin dan dapat tersalurkan terus menerus kepada konsumen dengan harga yang murah dan dengan kualitas yang baik.

Penyaluran energi listrik yang berkualitas salah satunya dapat dilihat dari nilai rugi-rugi daya dan jatuh tegangan pada suatu sistem tenaga listrik (Chowdhury, S.P., dkk, 2010). Semakin kecil rugi-rugi daya dan jatuh tegangan pada suatu sistem tenaga listrik maka semakin baik kualitas dari penyaluran energi listrik, demikian sebaliknya (Peppas, G., dkk., 2012). Nilai rugi-rugi daya dan jatuh tegangan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain: jarak antara pusat pembangkit dengan beban yang jauh, diameter saluran yang tidak sesuai dengan kapasitas hantar arus, besarnya daya reaktif pada saluran, banyaknya beban terpasang yang bersifat induktif, terjadinya kebocoran isolator, kapasitas trafo yang tidak sesuai, dan lain-lain (El-Zonkoly, A.M., 2022), (Kashem, M.A., dkk., 2021), (Popov, M., dkk., 2021).

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mereduksi rugi-rugi daya dan jatuh tegangan pada sistem tenaga listrik antara lain: analisis tegangan jatuh sistem distribusi listrik kabupaten Pelalawan dengan menggunakan ETAP 7.5.0 (Putro, A.P., dkk, 2015). Hasil penelitian menunjukkan bahwa besarnya tegangan jatuh dipengaruhi oleh jarak antara titik beban dan

pembangkit, semakin jauh jaraknya maka nilai tegangan yang jatuh akan semakin besar. Penurunan tegangan pada jaringan tegangan menengah disimulasikan sebesar 41% pada perangkat lunak ETAP dan upaya mereduksinya dengan memperbesar konduktor mengurangi jatuh tegangan sebesar 40,5%, sedangkan dengan kapasitor bank mengurangi jatuh tegangan sebesar 35%. Penelitian berikutnya dengan judul analisis rugi-rugi daya akibat adanya arus pada titik netral transformator distribusi di jaringan distribusi 20 kV PT. PLN (PERSERO) UP3 Medan (Tambunan, A. D. & Salman, R., 2021). Pada penelitian ini, sistem distribusi tenaga listrik mengalami ketidakseimbangan beban karena sebagian arus mengalir ke titik netral sehingga mengakibatkan rugi-rugi daya. Trafo distribusi 100 kVA mengalami rugi daya rata-rata 1,418 kW pada siang hari dan 1,313 kW pada malam hari, pada trafo distribusi 315 kVA kerugian yang dialami sebesar 0,573 KW pada siang hari dan 0,335 KW pada malam hari. Untuk mengatasinya digunakan trafo khusus yang pembebanannya homogen sehingga membuat trafo distribusi dalam keadaan seimbang. Penelitian selanjutnya dengan judul analisis drop tegangan dan rugi-rugi daya pada jaringan tegangan menengah 20 kV gardu induk Sungai Penuh menggunakan aplikasi ETAP 12.6.0. (Pratama, D. I. & Cahayahati, I., 2022). Terdapat enam penyulang yang memiliki penghantar yang panjang dari pusat pembangkit menuju beban. Dari studi aliran daya nilai jatuh tegangan dan rugi-rugi daya pada saluran distribusi yang cukup besar. Jatuh tegangan yang terkecil yang dihasilkan terjadi pada penyulang kota yaitu sebesar 65,99 V dan untuk penyulang Awan nilainya sebesar 3.653,19 V. Rugi-rugi daya yang terkecil terjadi di penyulang Awan sebesar

Cara mensitasi artikel ini:

Julianto, P., Manapa, R.J.C. (2024) Rekonfigurasi Jaringan untuk Mereduksi Jatuh Tegangan dan Rugi-rugi Daya pada Sistem Distribusi 20 kV PT PLN Tarakan. *Buletin Profesi Insinyur* 7(2) 094-100



597,56 kW. Panjang saluran mempengaruhi nilai impedansi saluran karena secara teknis nilai impedansi tidak hanya dipengaruhi oleh jenis bahan tetapi juga dari diameter dan panjang saluran penghantar.

PT. PLN Tarakan adalah perusahaan yang memasok energi listrik kepada pelanggan di Kota Tarakan dan sekitarnya, dengan total jumlah pelanggan sekitar 66.930 dan daya puncak mencapai 52 MW (BPS Kota Tarakan, 2024). Kota Tarakan sendiri mengalami pertumbuhan yang cukup pesat baik dari sisi jumlah penduduk, pemerintahan, bisnis sampai sektor industri. Pertumbuhan tersebut harus dapat diimbangi dengan penyediaan energi listrik yang berkualitas melalui pola pengoperasian sistem tenaga listrik yang optimal. Dengan titik beban yang tersebar dengan jarak yang cukup jauh menjadikan pola pengoperasian sistem tenaga listrik PT. PLN Tarakan menjadi lebih rumit karena rugi-rugi daya dan jatuh tegangan yang dihasilkan cukup besar.

Rekonfigurasi jaringan adalah proses dalam melakukan perubahan terhadap konfigurasi jaringan dengan mengubah nilai arus maupun impedansi penyulang atau dengan memindahkan suplai suatu beban trafo distribusi dari suatu penyulang ke penyulang yang lain. Memindahkan beban ke penyulang lain berarti mengurangi arus yang mengalir sehingga jatuh tegangan menjadi lebih kecil (Julianto, P., 2023). Beberapa metode telah digunakan dalam melakukan rekonfigurasi jaringan. Salah satu metode yang umum digunakan dalam rekonfigurasi jaringan adalah metode Simple Branch Exchange (SBE) (Baran, M.E. & Wu, F.F.,1989), (Fan, J. Y., dkk, 1996) & (Aksan, F.N & Samsurizal, 2021). Metode SBE merupakan metode jenis heuristic. Konsep dari metode ini adalah menentukan rugi-rugi daya dengan mengubah switch-off atau switch-on pada sebuah breaker yang umumnya adalah Load Break Switch (LBS) pada sebuah penyulang tetapi tetap mempertahankan bentuk radial dari jaringan distribusi sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 1.

Sehingga dari permasalahan tersebut, pada penelitian ini rugi-rugi daya dan jatuh tegangan yang terdapat pada sistem tenaga listrik PT. PLN Tarakan akan direduksi melalui rekonfigurasi jaringan menggunakan metode SBE. Selain itu untuk mengetahui kondisi sistem tenaga listrik melalui beberapa

parameter seperti: tegangan, arus, daya, jatuh tegangan dan rugi-rugi daya maka dalam penelitian ini dilakukan melalui studi aliran daya menggunakan Software Etap Powerstation.

Metode

Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 2. Sedangkan data-data yang dibutuhkan untuk mendukung penelitian ini antara lain seperti data-data pembangkit PT PLN Tarakan dapat dilihat pada Tabel 1, data beban pada Tabel 2 dan data saluran pada Tabel 3.

Dalam penelitian ini, nilai resistansi dan reaktansi saluran didapatkan melalui perhitungan yang menyesuaikan dengan jenis bahan dan diameter konduktor saluran sebagaimana Tabel 3 serta panjang konduktor pada setiap saluran.

Pada penelitian ini, nilai jatuh tegangan dan rugi-rugi daya pada sistem distribusi 20 kV PT PLN Tarakan merupakan parameter yang akan diminimalisir dengan cara melakukan rekonfigurasi pada jaringan distribusinya. Untuk menentukan konfigurasi tepat yang menghasilkan nilai jatuh tegangan dan rugi-rugi daya yang paling minimal maka dilakukan beberapa percobaan pada penelitian ini.

Secara umum nilai jatuh tegangan pada jaringan distribusi dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan (1) atau (2) sebagai berikut:

$$\mathbf{V}_d = \mathbf{I} \times \mathbf{Z} \quad (1)$$

$$V_d = V_k - V_f \quad (2)$$

Nilai jatuh tegangan dapat juga dihitung sebagai prosentase yang secara umum disebut regulasi tegangan dan dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\%V_d = \frac{V_k - V_t}{V_t} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan:

V_k : Tegangan pada busbar kirim (V);

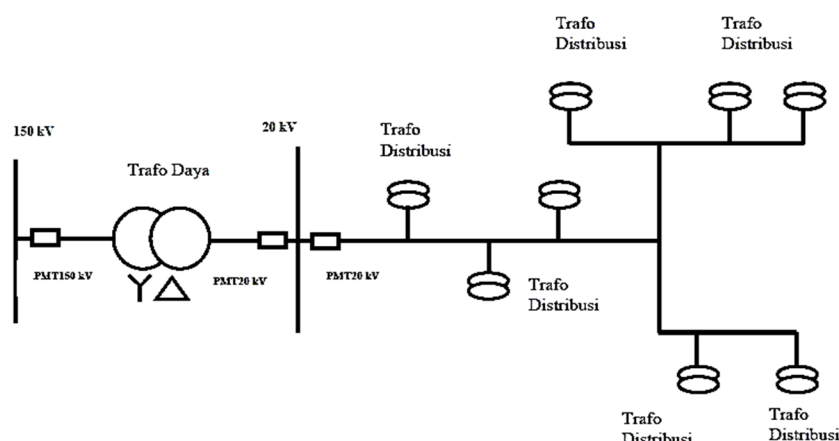
V_t : Tegangan pada busbar terima (V);

I : Arus yang mengalir pada saluran distribusi (A);

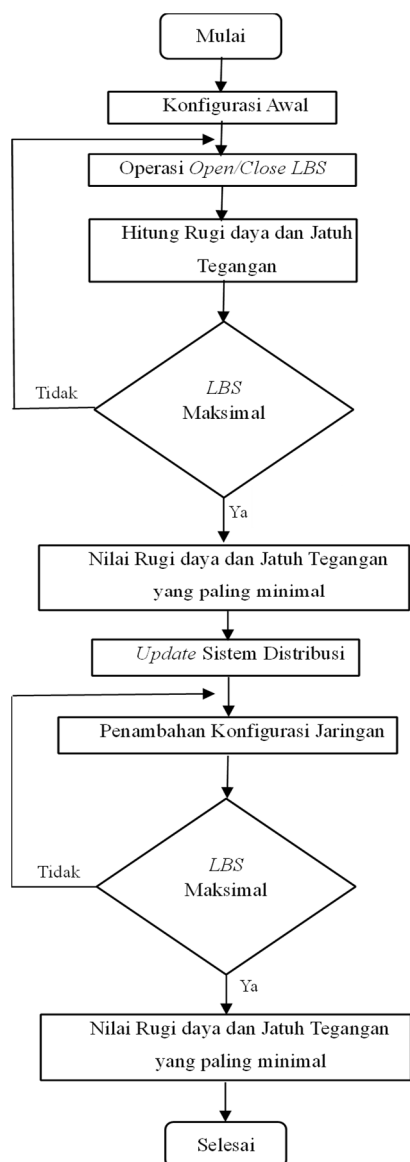
Z : Impedansi saluran distribusi (Ω);

V_d : Jatuh tegangan pada saluran distribusi (V);

$\%V_d$: Regulasi tegangan pada saluran distribusi (%).



Gambar 1. Konfigurasi jaringan distribusi radial



Gambar 2 Diagram alir rekonfigurasi jaringan distribusi menggunakan metode Simple Branch Exchange

No	Pembangkit	Unit	Daya Terpasang (kW)	Daya Mampu (kW)
1	Wartsila	2	12.000	9.600
2	Mak 2	1	1.400	1.120
3	Mak 3	1	1.400	1.120
4	Sewatama	2	4.000	3.200
5	MP 1	2	5.500	4.400
6	MP 2	5	7.500	6.000
7	MP 3	2	5.500	4.400
8	MP 4	2	5.500	4.400
9	Atamora	4	2.200	1.760
10	Aggreko	11	9.000	7.200
11	KPM	2	1.600	1.280
Total		34	55.600	44.480

Nama Feeder	Keterangan Gardu	Akumulasi Beban (kVA)
Feeder 1	Pangkal	1.023
	Rec KP Baru	937
	LBS Makmur	1.016
	LBS Karang Anyar	609
	LBS Kp Bugis Dalam	909
Feeder 2	Pangkal 1	267
	Pangkal 2	232
	Rec Sebengkok	514
	LBS Tiram	685
	Rec Galaxy	431
	LBS Bapindo 1	219
	LBS Bapindo 2	481
	BRI	508
Feeder 3	Pangkal	227
	Rec Sampoerna	1.958
	LBS Trakindo	1.976
Feeder 4	Pangkal	487
	Sesanif	591
	Rec 613	1.088
	LBS Komplek PNS	1.524
	LBS PT KMS	140
Feeder 6	LBS Juata Laut	1.473
	Pangkal	1.038
	LBS Cakui	437
	Rec Ladang	4.272
	LBS Skip	644
Feeder 8	LBS Slipi	351
	Pangkal	696
	Rec Kr Rejo	418
	LBS Kr Balik	665
	LBS Strat Buntu	669
	LBS Gusher	869
	LBS Mustika	1.133
	LBS Cendrawasih	756
Feeder 10	LBS Paradise	2.059
	LBS Suwaran	755
	LBS Komplek Intraca	238
OG Kp 4 dan 6	Pangkal	1.191
	Rec KP 4	1.128
	LBS Gn Telkom	1.180
OG Amal	LBS Karungan	315
	LBS Arah Amal Lama	307
	LBS Borneo	208
OG Lingkas	LBS Arah Amal Baru	564
	Pangkal	399
	LBS Tenguyun	491
	LBS Gn Lingkas	581
	LBS Lingkas Ujung	761
	LBS Pelni	493

Tabel 3 Data Jenis Saluran PT. PLN Tarakan

Nama Saluran	Jenis Penghantar (mm)			
	A3C 70	A3C 150	A3CS 150	A3CS 240
Feeder 1	√	√	√	
Feeder 2	√	√		
Feeder 3		√		
Feeder 4	√	√		
Feeder 6		√	√	√
Feeder 8		√		
Feeder 10				√
OG Kp 4 dan 6		√	√	
OG Lingkas		√		
OG Amal		√		

Hasil dan Pembahasan

Aliran Daya Sebelum Rekonfigurasi Jaringan

Pada penelitian ini simulasi aliran daya pada sistem distribusi 20 kV PT PLN Tarakan dilakukan untuk mendapatkan nilai jatuh tegangan dan rugi-rugi daya pada kondisi sebelum dilakukan rekonfigurasi jaringan. Pada kondisi existing ini, nilai tegangan paling rendah sebesar 18,45 kV terdapat pada busbar F4.6, sedangkan untuk nilai tegangan pada busbar yang lainnya dapat dilihat pada Tabel 4.

Sedangkan untuk perhitungan rugi-rugi daya (rugi-rugi daya aktif dan rugi-rugi daya reaktif) pada sistem distribusi 20 kV PT PLN Tarakan sebelum dilakukan rekonfigurasi jaringan dapat dilihat pada Tabel 5 dengan nilai rugi-rugi daya aktif paling rendah terdapat pada busbar F4.4 dengan nilai sebesar 195,3 kW dan nilai rugi-rugi daya reaktif paling rendah terdapat pada busbar F1.1 dengan nilai sebesar 190,1 kVAR. Untuk rugi-rugi daya aktif total sebesar 931,8 kW dan rugi-rugi daya reaktif total sebesar 1.653,8 kVAR.

Dari hasil simulasi dapat dilihat bahwa nilai tegangan dan rugi-rugi daya paling rendah terdapat pada Feeder 4. Hal tersebut dapat terjadi karena Feeder 4 melayani beban besar pada jarak yang cukup jauh dari pusat pembangkitan dan menggunakan konduktor saluran yang cukup panjang sehingga nilai resistansi dan reaktansi saluran menjadi lebih besar.

Rekonfigurasi Jaringan Pada Kondisi Existing

Untuk menjaga stabilitas frekuensi dalam sistem tenaga listrik, diperlukan keseimbangan antara daya yang dihasilkan oleh pembangkit dan daya yang dikonsumsi oleh beban. Ketidakseimbangan antara keduanya dapat menyebabkan fluktuasi frekuensi yang berpotensi mengganggu kinerja sistem secara keseluruhan. Oleh karena itu, untuk memastikan keseimbangan tersebut tetap terjaga, pada sistem distribusi umumnya digunakan Load Break Switch (LBS) sebagai perangkat pengatur beban.

LBS berfungsi untuk mengontrol aliran daya dalam jaringan distribusi dengan cara membuka atau menutup sirkuit sesuai dengan kondisi sistem. Ketika frekuensi sistem turun di bawah nilai nominalnya—yang menandakan bahwa daya pembangkitan lebih kecil

Tabel 4 Jatuh tegangan sebelum rekonfigurasi jaringan

Bus	V (kV)	V _d (kV)	Bus	V (kV)	V _d (kV)
F1.1	20,56	1,07	F8.1	20,64	0,72
F1.2	20,49	0,32	F8.2	20,47	0,77
F1.3	20,28	0,95	F8.3	20,42	0,19
F1.4	20,19	0,41	F8.4	20,40	0,09
F1.5	20,13	0,26	F8.5	20,29	0,53
F2.1	20,73	0,28	F8.6	20,39	0,05
F2.2	20,73	0,02	F8.7	20,27	0,08
F2.3	20,66	0,33	F9.1	20,80	0,81
F2.4	20,62	0,20	F10.1	20,44	0,45
F2.5	20,61	0,03	F10.2	20,44	1,18
F2.6	20,57	0,02	Amal 1	20,89	0,02
F2.7	20,58	0,15	Amal 2	20,88	0,05
F2.8	20,56	0,09	Amal 3	20,86	0,10
F3.1	20,58	0,99	Amal 4	20,98	0,39
F3.2	20,39	0,85	K 4,6.1	20,66	1,03
F3.3	21,23	0,75	K 4,6.2	20,13	2,39
F4.1	19,97	3,75	K 4,6.3	20,11	0,14
F4.2	20,39	1,43	Lingkas.1	20,79	0,46
F4.3	19,07	2,66	Lingkas.2	20,72	0,30
F4.4	18,64	6,51	Lingkas.3	20,67	0,22
F4.5	18,56	0,29	Lingkas.4	20,64	0,15
F4.6	18,45	0,88	Lingkas.5	20,63	0,05
F5.1	21,89	0,40	Tf.1	20,71	0,93
F6.1	20,47	1,50	Tf.2	20,71	0,93
F6.2	20,46	0,05	Tf.3	20,71	0,93
F6.3	20,47	0,30	Tf.4	20,71	0,93
F6.4	20,40	0,05	Tf.5	20,93	0,51
F6.5	20,34	0,23	Tf.6	20,93	0,51
F7.1	20,89	0,42	Tf.7	21,05	0,12
F8.1	20,64	0,72	Tf.8	21,14	0,10

dibandingkan dengan daya beban—LBS dapat dibuka untuk mengurangi beban yang terhubung ke jaringan. Dengan pengurangan beban ini, keseimbangan daya dapat dipulihkan sehingga frekuensi sistem kembali stabil. Sebaliknya, apabila daya pembangkitan telah mencukupi atau bahkan mengalami surplus, LBS dapat ditutup kembali untuk menghubungkan kembali beban yang sebelumnya terputus.

Selain berperan dalam menjaga keseimbangan daya dan kestabilan frekuensi, LBS juga dapat digunakan untuk mengubah konfigurasi jaringan distribusi. Dalam beberapa kondisi, operasi buka-tutup LBS dapat diterapkan untuk mengalihkan aliran daya, mengisolasi bagian jaringan tertentu saat terjadi gangguan, atau meningkatkan fleksibilitas operasional sistem distribusi listrik. Dengan demikian, keberadaan LBS memberikan manfaat yang signifikan dalam meningkatkan keandalan dan efisiensi sistem tenaga listrik.

Pada sistem distribusi 20 kV PT PLN Tarakan terdapat 9 LBS antara lain terdapat pada: GH Bhayangkara (A), Komplek Intraca (B), Peningki (C), THM (D), Lingkas (E), BPD (F), Feeder 6 (G), Feeder 9 (H) dan

Stadion Datu Adil (I). Pada penelitian ini LBS-LBS tersebut akan disimulasikan melalui operasi buka tutup LBS dengan tujuan untuk mereduksi jatuh tegangan dan rugi-rugi daya. Dari berbagai percobaan operasi buka tutup LBS beberapa percobaan dapat dilihat pada Tabel 6. Sedangkan untuk melihat pengaruh operasi buka tutup LBS-LBS terhadap nilai tegangan dan rugi-rugi daya aktif dan reaktif yang dihasilkan pada sistem distribusi dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 5 Rugi-rugi daya pada sistem distribusi 20 kV PT PLN Tarakan sebelum rekonfigurasi jaringan

Rugi-rugi daya			Rugi-rugi daya		
Bus	P_L	Q_L	Bus	P_L	Q_L
	(kW)	(kVAR)		(kW)	(kVAR)
F1.1	7,6	10,1	F8.1	23,3	30,9
F1.2	21,2	14,3	F8.2	21,2	28,1
F1.3	5,5	3,7	F8.3	4,8	6,3
F1.4	1,6	2,2	F8.4	1,8	2,4
F1.5	32,9	43,6	F8.5	9,4	6,4
F2.1	6,8	9,1	F8.6	0,1	0,1
F2.2	0,0	0,0	F8.7	0,8	0,5
F2.3	7,0	9,3	F9.1	10,3	19,8
F2.4	3,6	4,7	F10.1	2,5	4,9
F2.5	0,4	0,5	F10.2	8,0	10,6
F2.6	1,5	2,0	Amal 1	0,5	0,7
F2.7	0,0	0,0	Amal 2	0,2	0,2
F2.8	0,4	0,3	Amal 3	0,1	0,2
F3.1	43,2	57,3	Amal 4	3,1	4,1
F3.2	37,5	49,7	K 4,6.1	26,8	35,5
F3.3	10,1	13,4	K 4,6.2	43,1	57,2
F4.1	143,3	190,1	K 4,6.3	0,3	0,4
F4.2	50,0	66,3	Lingkas.1	8,4	11,2
F4.3	82,3	109,1	Lingkas.2	4,7	6,3
F4.4	195,3	131,6	Lingkas.3	2,8	3,7
F4.5	0,4	0,3	Lingkas.4	1,3	1,7
F4.6	12,4	8,4	Lingkas.5	0,2	0,2
F5.1	7,2	9,6	Tf.1	2,5	114,0
F6.1	68,8	91,2	Tf.2	2,5	114,0
F6.2	0,1	0,2	Tf.3	2,5	114,0
F6.3	2,0	2,7	Tf.4	2,5	114,0
F6.4	0,1	0,1	Tf.5	1,1	50,7
F6.5	0,7	0,5	Tf.6	1,1	50,7
F7.1	3,5	4,6	Tf.7	0,2	7,5
F8.1	23,3	30,9	Tf.8	0,1	4,4

Rekonfigurasi Jaringan Dengan Penambahan Saluran Baru
Pada skenario ini disimulasikan penambahan saluran pada sistem distribusi 20 kV PT PLN Tarakan yaitu saluran yang menghubungkan antara feeder 2 dan 3, saluran antara feeder 8 dan GH Indoor, serta saluran antara Outgoing kampung 4 dan kampung 6. Masing-masing saluran baru tersebut juga dipasang LBS agar dapat dioperasikan buka tutupnya. Tiga buah LBS terdiri

dari R1 yang dipasang antara F2.1 dan F3.1, R2 antara GH indo dan F8.2 dan R3 antara GH indoodan kp 4,6.2. Beberapa percobaan operasi buka tutup LBS dapat dilihat pada Tabel 8.

Sedangkan untuk melihat pengaruh operasi buka tutup LBS-LBS baru terhadap nilai tegangan dan rugi-rugi daya aktif dan reaktif yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 6 Simulasi Operasi buka tutup LBS pada sistem distribusi 20 kV PT PLN Tarakan

No	Konfigurasi Jaringan	Operasi Buka Tutup LBS								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Normal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	Percobaan 1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
3	Percobaan 2	0	1	1	1	0	1	0	0	1
4	Percobaan 3	1	0	1	1	0	1	0	0	1
5	Percobaan 4	0	1	1	1	0	0	0	0	1
6	Percobaan 5	1	0	1	1	1	1	0	0	1
7	Percobaan 6	0	1	1	1	1	1	0	0	1

Tabel 7 Rekonfigurasi jaringan *exist* sistem distribusi 20 kV PT PLN Tarakan

No	Konfigurasi Jaringan	P_L	Q_L	Tegangan
		(kW)	(kVAR)	Terendah (kV)
1	Normal	931,8	1.635,8	18,45
2	Percobaan 1	756,4	1.411,8	18,95
3	Percobaan 2	740,8	1.383,2	19,19
4	Percobaan 3	758,2	1.414,0	18,95
5	Percobaan 4	741,2	1.383,7	19,19
6	Percobaan 5	756,4	1.411,8	18,95
7	Percobaan 6	739,0	1.381,1	19,19

Tabel 8 Simulasi operasi buka tutup LBS pada sistem distribusi 20 kV PT PLN Tarakan dengan saluran baru

No	Konfigurasi Jaringan	Operasi Buka Tutup LBS		
		R1	R2	R3
1	Normal	0	0	0
2	Percobaan 1	0	0	1
3	Percobaan 2	0	1	0
4	Percobaan 3	0	1	1
5	Percobaan 4	1	0	0
6	Percobaan 5	1	0	1
7	Percobaan 6	1	1	0
8	Percobaan 7	1	1	1

Dari simulasi aliran daya pada sistem distribusi PT PLN Tarakan dengan penambahan saluran dan LBS baru didapatkan hasil bahwa penambahan saluran dan LBS didapatkan nilai rugi-rugi daya yang paling minimal sebesar $P_L = 573,1$ kW dan $Q_L = 1.287,4$ kVAR pada konfigurasi tiga LBS dalam posisi tertutup (closed).

Jika dibandingkan dengan kondisi existing maka sistem distribusi 20 kV PT PLN Tarakan dengan penambahan saluran dan LBS baru dapat mereduksi rugi-rugi daya aktif dan reaktif sampai dengan masing-masing sebesar 358,7 kW (38,5%) dan 348,4 kVAR (21,3%). Sedangkan untuk nilai tegangan paling rendah juga mengalami peningkatan dari 18,45 kV menjadi 19,90 kV yang terdapat pada feeder 4 bus 6.

Tabel 9 Rekonfigurasi jaringan pada sistem distribusi 20 kV PT PLN Tarakan dengan saluran baru

No	Konfigurasi Jaringan	P_L (kW)	Q_L (kVAR)	Tegangan Terendah (kV)
1	Normal	739,0	1.381,1	19,19
2	Percobaan 1	610,0	1336,6	19,89
3	Percobaan 2	593,5	1315,1	19,90
4	Percobaan 3	581,8	1299,3	19,20
5	Percobaan 4	610,4	1337,2	19,89
6	Percobaan 5	598,6	1.321,4	19,89
7	Percobaan 6	584,9	1303,3	19,90
8	Percobaan 7	573,1	1287,4	19,90

Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan untuk mereduksi rugi-rugi daya dan jatuh tegangan pada sistem distribusi 20 kV PT PLN Tarakan melalui rekonfigurasi jaringan menggunakan metode Simple Branch Exchange dan berhasil mereduksi rugi-rugi daya aktif dan reaktif sampai dengan masing-masing sebesar 358,7 kW (38,5%) dan 348,4 kVAR (21,3%). Sedangkan tegangan paling rendah mengalami peningkatan dari 18,45 kV menjadi 19,90 kV. Berdasarkan hasil penelitian, faktor penyebab terjadinya rugi-rugi daya dan jatuh tegangan pada saluran distribusi 20 kV PT. PLN Tarakan adalah beban lebih dan saluran yang cukup panjang pada feeder 4 dengan diameter kabel yang kecil.

Untuk penelitian selanjutnya, rekonfigurasi jaringan dapat dikombinasikan dengan optimasi pemasangan kapasitor pada sistem distribusi (Julianto, P. & Fitriani, 2024) untuk mendapatkan hasil reduksi rugi-rugi daya dan jatuh tegangan yang lebih baik lagi. Selain itu juga dapat diimplementasikan pada sistem tenaga listrik dengan integrasi pembangkit jenis energi baru terbarukan

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih penulis ucapkan kepada Manager dan staf bagian jaringan distribusi PT PLN Tarakan atas kesediaannya memberikan data yang dibutuhkan untuk penelitian ini.

Referensi

Aksan, F.N & Samsurizal (2021). Studi Rekonfigurasi Sistem Distribusi Pada Jaringan 20 kV Dengan Metode Simple Branch Exchange Pada Penyulang Cempaka. Epsilon, Vol. 19, No. 2.
<https://doi.org/10.55893/epsilon.v19i2.64>

Baran, M.E. & Wu, F.F. (1989). Network reconfiguration in distribution systems for loss reduction and load balancing. IEEE Transactions on Power delivery, 4(2), 1401-1407.

<https://doi.org/10.1109/61.25627>

BPS Kota Tarakan (2024). Kota Tarakan Dalam Angka. <https://tarakankota.bps.go.id>

Chowdhury, S.P., Chowdhury, S. and Crossley, P. (2010). Dynamic modeling and simulation of distributed static compensators in system impact studies involving renewable applications. IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 25, No. 2, 1057-1067.

<https://ieeexplore.ieee.org/document/6837111>

El-Zonkoly, A.M. (2022). Analysis of electrical power losses in low-voltage distribution networks. IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 37, No. 4, 2136-2143.

<https://ieeexplore.ieee.org/document/10590536>

Fan, J. Y., Zhang, L., & McDonald, J. D. (1996). Distribution network reconfiguration: single loop optimization. IEEE transactions on Power Systems, 11(3), 1643-1647.

<https://doi.org/10.1109/59.535709>

Julianto, P. (2023). Rekonfigurasi Jaringan Pada Sistem Distribusi Radial Untuk Mereduksi Rugi-rugi Daya Menggunakan Algoritma Genetika Adaptif. Jurnal Elektriكا Borneo, Vol. 9 No. 2, 36-43.

<http://jurnal.borneo.ac.id/index.php/elektrika/article/view/3578/2494>

Julianto, P. & Fitriani (2024). Modified Genetic Algorithm for Capacitive Compensation in Radial Distribution Systems. Proceeding of 2024 11th International Conference on Electrical Engineering, Computer Science and Informatics (EECSI), 659-665.
[10.1109/EECSI63442.2024.10776273](https://doi.org/10.1109/EECSI63442.2024.10776273)

Kashem, M.A., Ledwich, G., Negnevitsky, M. and Ghosh, A. (2021). Power losses reduction in distribution system using PSO algorithm. IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 29, No. 3, 1456-1464.

<https://ieeexplore.ieee.org/document/10475077>

Peppas, G., Booth, C. and Dysko, A. (2012). Network secondary distribution system fault current analysis and application. IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 27, No. 3, 1246-1254.

<https://ieeexplore.ieee.org/document/6042236>

Popov, M., Ortega, R. and Gracia, L. (2021). Technical power losses in electrical distribution systems. IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 36, No. 5, 4723-4735.

<https://ieeexplore.ieee.org/document/9614922>

Pratama, D. I. & Cahayahati, I. (2022). Analisa Drop Tegangan dan Rugi-rugi Daya pada Jaringan Tegangan Menengah 20kV Gardu Induk Sungai Penuh Menggunakan Aplikasi ETAP 12.6.0. E-Jurnal Bung Hatta, Vol. 20, No. 1.

<https://ejurnal.bunghatta.ac.id/index.php/JFTI/article/view/21923/17826>

Putro, A.P., Karnoto, K. & dan Winardi, B. (2015). Analisis Tegangan Jatuh Sistem Distribusi Listrik Kabupaten Pelalawan Dengan Menggunakan ETAP 7.5.0. Transient, Vol. 4, No. 1, 122–127.

<https://doi.org/10.14710/transient.v4i1.122-127>

Tambunan, A. D. & Salman, R. (2021). Analisis rugi-rugi daya akibat adanya arus pada titik netral transformator distribusi di jaringan distribusi 20 KV-

PT. PLN (PERSERO) UP3 MEDAN. Jurnal Engineering Development, Vol. 1, No. 1, 1-6.
<https://jurnal.unimed.ac.id/2012/index.php/edev/article/view/24797/15721>