

STUDI PERBANDINGAN METODE GAUSS-SEIDEL DAN METODE NEWTON RAPHSON DALAM REKONFIGURASI PENYULANG OKURA PT.PLN UNIT LAYANAN PELANGGAN (ULP) RUMBALAI

MONICE¹, MASNUR PUTRA HALILINTAR², ZULFAHRI³.

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lancang Kuning^{1,2,3}

Email: monice@unilak.ac.id.¹, zulfahri@unilak.ac.id.², masnur@unilak.ac.id.³

DOI: <http://dx.doi.org/10.31869/rtj.v6i2.3850>

Abstrak: Sistem ketenagalistrikan terus mengalami perkembangan seiring dengan penambahan penduduk dan permintaan kebutuhan energi listrik yang semakin meningkat. Dengan bertambah sistem dan peningkatan beban maka perlu diperhitungkan rugi-rugi dan operasi yang tepat pada jaringan sehingga kualitas listrik yang stabil dapat terpenuhi. Rekonfigurasi penyulang dilakukan untuk menentukan tegangan, aliran daya aktif dan daya reaktif optimal pada sistem tenaga listrik, hasil studi aliran daya dapat digunakan untuk mengevaluasi kinerja sistem tenaga listrik, evaluasi tersebut dilakukan secara terus-menerus sehingga perhitungan aliran daya diperlukan untuk setiap titik operasi.

Melalui penelitian ini metode Gauss -seidal dan metode Newton Rapshon diaplikasikan sebagai pembandingan Rekonfigurasi penyulang Okura PT. PLN Unit Layanan Pelanggan (ULP) Rumbal, sebelum rekonfigurasi didapati rugi-rugi daya 110 kW dan setelah dilakukan rekonfigurasi ke Load Break Switch (LBS) sembilang melalui Metode Newton Rapshon di peroleh Tegangan tertinggi 1,00 pu dan terendah 0,981 pu sedangkan rugi-rugi daya aktif 74 kW dan Reaktif sebesar 113 kVar dengan Iterasi 2 dan Max. Error 0,000156024 sedangkan Metode Gauss Seidal diperoleh Tegangan tertinggi 1,00 pu dan terendah 0,999 pu sedangkan rugi-rugi daya aktif 0,001 kW dan Reaktif sebesar 0,002 kVar dengan Iterasi 101 dan Max. Error 0.0245611

Keywords: Rekonfigurasi, Aliran daya , Metode Gauss – Seidal, Metode Newton Rapshon

A. Pendahuluan

Rekonfigurasi sistem merupakan solusi untuk kondisi operasi keadaan normal dari suatu sistem tenaga listrik. Secara umum, konfigurasi jaringan merupakan suatu usaha merubah bentuk konfigurasi jaringan distribusi dengan mengoperasikan pensakelaran (switching) pada jaringan distribusi tanpa menimbulkan akibat yang beresiko pada operasi dan bentuk jaringan distribusi secara keseluruhan, dilakukan untuk perencanaan sistem tenaga, operasional serta kendali sistem. Pada dasarnya menentukan rekonfigurasi yang optimal terhadap jaringan, besar dan sudut fasa dari tegangan masing-masing bus serta aliran daya aktif dan daya reaktif pada tiap saluran.

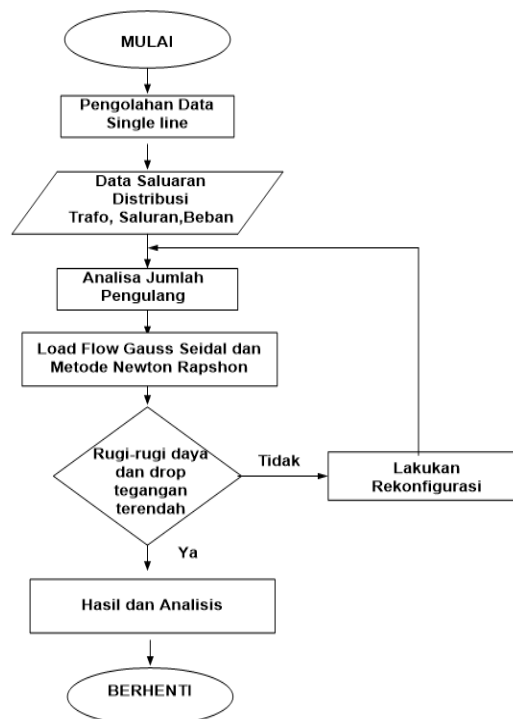
Evaluasi jaringan baik perencanaan maupun perancangan biasanya disebabkan karena kebutuhan daya listrik pada jaringan, berubah-ubah ini terus mengalami perkembangan dikarenakan pemakaian listrik oleh konsumen rumah tangga, bisnis, industri dan pemerintahan setiap hari semakin meningkat. Untuk mengetahui kondisi keseluruhan dari suatu sistem tenaga listrik apakah masih memenuhi batas-batas yang telah ditentukan serta untuk mengetahui besar losses yang ada.

Perhitungan aliran daya saat ini telah banyak menggunakan aplikasi komputer, tujuannya untuk mempermudah dan mendapatkan hasil yang lebih akurat, melalui penelitian ini, dilakukan simulasi rekonfigurasi PT. PLN (Persero) ULP Rumbal adalah salah satu unit dari 13 (tiga belas) Unit Layanan Pelanggan (ULP) yang berada di bawah PT. PLN (Persero), membandingkan kedua metode yang diusulkan melalui program matlab R2016a menjadi

alternatif pada simulasi ini dengan alasan bahwa metode Gauss- seidal dan Newton-Rhapson sudah digunakan secara luas dalam hampir setiap analisis pada sistem tenaga listrik.

B. Metode Penelitian

Metoda pengolahan data adalah Data. PT PLN (Persero) ULP terdiri dari 5 Penyulang (Feeder) yakni penyulang Okura, penyulang Taurus, penyulang Sungkai, penyulang Meranti dan penyulang Out Going Feeder (OGF) 5 Perawang. Pada penelitian ini penulis akan meneliti 5 sakelar seksi maka jenis konfigurasi yang akan dilakukan adalah banyak 5 tipe melalui Aliran daya Gauss- Seidal dan Newton Raphson dan disimulasikan Melalui Matlab R16a. Diagram alir perhitungan dan analisis Rekonfigurasi ditunjukkan pada Gambar 1.1



Gambar 1.1 Flowchart Algoritma Komputasi dari Metode yang Diusulkan

C. Pembahasan Dan Analisa Rekonfigurasi Jaringan

Rekonfigurasi jaringan merupakan suatu usaha merubah bentuk konfigurasi jaringan distribusi dengan mengoperasikan pensaklaran terkontrol jarak jauh (switching remotely controlled) pada LBS jaringan distribusi tanpa menimbulkan akibat yang beresiko dalam operasi sistem jaringan distribusi secara keseluruhan. (I Gusti Nyoman Indra Wiguna, 2019).

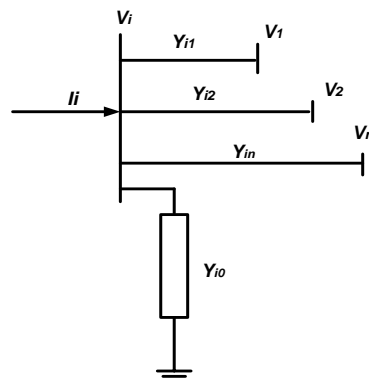
Pertambahannya permintaan energi listrik harus diimbangi dengan peningkatan kualitas energi listrik yang disalurkan. Dengan melakukan suatu Analisa terhadap sistem tenaga merupakan salah satu cara untuk meningkatkan kualitas energi listrik (Nurhani Amin, 2011).

Melalui aliran daya (load flow) digunakan untuk menentukan tegangan, arus, daya aktif atau daya reaktif di berbagai macam titik/bus pada jaringan listrik dalam kondisi operasi normal (Stevenson, 1994). Selain dipergunakan untuk perencanaan pengembangan sistem listrik pada masa mendatang, juga dapat digunakan untuk mengevaluasi kondisi sistem kelistrikan yang sudah ada (existing) (Gupta, 1998).

Analisis Aliran Daya

Menyelesai analisis aliran daya, bus-bus dibagi dalam 3 (tiga) klasifikasi sebagai berikut:

1. Bus berayun (swing bus, yang sering juga disebut floating bus, slack bus atau bus referensi, dipilih di antara bus generator atau penyedia daya yang mempunyai kapasitas tertinggi di antara yang terpasang dalam jaringan yang ditinjau. Bus ini mempunyai besar tegangan dan nilai sudut fasa tertentu, biasanya diberikan nilai $1,06 + j0,00$ pu. Bus berayun ini harus mampu membangkitkan daya aktif dan daya reaktif yang dibutuhkan untuk melayani bus beban dan mengimbangi rugi daya pada saluran.
2. Bus kontrol tegangan (voltage controlled) atau bus generator, yaitu bus yang mempunyai nilai tegangan dan daya reaktif tertentu. Tegangan pada bus ini dapat dikendalikan dengan mengatur daya reaktif yang disuplai atau diserap bus. Daya reaktif ini dispesifikasi dalam jangkauan batas minimum dan maksimum tertentu. Daya aktif dapat diatur untuk menjaga tegangan tertentu kecuali bila batas daya reaktif yang dispesifikasikan terlampaui. Jika batas ini terlampaui, maka daya reaktif ditetapkan pada batas tersebut dan tegangan akan diberikan pada nilai yang diperlukan untuk menyelesaikan persamaan aliran daya.
3. Bus beban (load bus), yaitu bus yang mempunyai nilai daya aktif dan daya reaktif tertentu yang diperoleh berdasarkan pengukuran pada saat tertentu. Nilai tegangan bus beban harus dicari melalui proses iterasi sampai tercapai nilai tertentu yang konvergen dengan toleransi ketelitian yang diinginkan.



Gambar 2. Model bus Sistem Tenaga Listrik

Dalam analisa aliran daya terdapat bus-bus yang menyusun sebuah system tenaga listrik, dan dikenal tiga tipe bus, yaitu bus P – Q atau bus beban, bus P – V disebut bus generator/ pembangkit, bus berayun (swing) atau bus penadah (slack). (Zulfahri 2020).

Aplikasi Hukum arus Kirschoff pada bus dapat diberikan :

$$I_i = y_{i0} v_i + y_{i1}(v_i - v_1) + y_{i2}(v_i - v_2) + \dots + y_{in}(v_i - v_n)$$

$$= (y_{i0} + y_{i1} + y_{i2} + y_{in})V_i - y_{i1} V_1 - y_{i2} V_2 - y_{in} V_n \quad (2.1)$$

Atau

$$I_1 V_i \sum_j^n y_{ij} - \sum_{j=1}^n y_{ij} - y_{ij} V_j, j \neq i \quad (2.2)$$

Daya aktif dan daya reaktif pada bus i adalah :

$$P_i + j Q_i = V_i \cdot I_i^* \quad (2.3)$$

Atau

$$I_1 = \frac{P_i + j Q_i}{V_i^*} \quad (2.4)$$

Dari persamaan (2.3) dan (2.4), diperoleh

$$\frac{P_i + j Q_i}{V_i^*} = V_i \sum_j^n y_{ij} - \sum_{j=1}^n y_{ij} V_j, j \neq i \quad (2.5)$$

Dari hubungan diatas formulasi perhitungan dari aliran daya dalam Sistem Tenaga harus diselesaikan dengan teknik iterasi

Penyelesaian dengan Metode Gauss Seidal.

Dalam metode ini, besaran-besaran yang tidak diketahui mula-mula dimisalkan dan harga yang diperoleh dari persamaan pertama misalnya V_1 selanjutnya digunakan untuk memperoleh V_2 dari persamaan kedua dan seterusnya. Persamaan (2.5) adalah persamaan nonlinier pada tiap-tiap bus dengan 2 variabel yang belum diketahui. Dengan metode Gauss-Seidel, untuk menyelesaikan V_i secara iterasi persamaan tersebut menjadi :

$$V_i^{(k+1)} = \frac{P_i^{sch} - j Q_i^{sch}}{V_i^{(k)}}, j \neq I \quad (2.6)$$

Dengan y_{ij} adalah admitansi sebenarnya per unit, P_i^{sch} dan Q_i^{sch} adalah daya aktif dan daya reaktif dinyatakan per unit, arus yang memasuki bus I diasumsikan positif. Untuk bus berbeban, daya aktif dan daya reaktif mengalir menjauhi bus, P_i^{sch} dan Q_i^{sch} bernilai negatif. Jika persamaan (2.6) diselesaikan untuk P_i dan Q_i , maka :

$$P_i^{(k+1)} R \left\{ V_i^{*(k)} \left[V_i^{(k)} \sum_j^n y_{ij} - \sum_{j=1}^n y_{ij} \cdot V_j^{*(k)} \right] \right\} j \neq i \quad (2.7)$$

Dan

$$Q_i^{(k+1)} = -j_m \left\{ V_i^{*(k)} \left[V_i^{(k)} \sum_{j=0}^n y_{ij} - \sum_{j=0}^n y_{ij} \cdot V_j^{(k)} \right] \right\} j \neq i \quad (2.8)$$

Persamaan aliran daya biasanya dinyatakan "dalam elemen matriks bus (Ybus), yang ditunjukkan dengan $Y_{ij} = -y_{ij}$, dan elemen-elemen diagonalnya Y_{ii} sehingga :

$$V_i^{(k+1)} = \frac{V_i^{(k+1)} = \frac{P_i^{sch} - j Q_i^{sch}}{V_i^{(k)}} - \sum Y_{ij} V_j^{(k)}}{Y_{ii}}, j \neq i \quad (2.9)$$

Dan

$$P_i^{(k+1)} = -R \left\{ V_i^{*(k)} \left[V_i^{(k)} + Y_{ii} + \sum_{j=1}^n Y_{ij} - V_{ij} \right] \right\} j \neq 1 \quad (2.10)$$

$$Q_i^{(k+1)} = -I_m \left\{ V_i^{*(k)} \left[V_i^{(k)} + Y_{ii} + \sum_{j=1}^n Y_{ij} - V_j \right] \right\} j \neq 1 \quad (2.11)$$

Subskript $k + 1$ menyatakan jumlah iterasi dimulai dari $k = 0$ bila,

$|V_i^{k+1} - V_i^k| = |\Delta V_i^{k+1}| \leq \epsilon$, untuk semua harga I , maka iterasi dianggap selesai, ϵ dinamakan indeks presisi. Kriteria untuk konvergensi bus PQ adalah : $\Delta V_1 < \epsilon$

Penyelesaian dengan Metode Newton – Raphson.

Untuk menyelesaikan masalah aliran daya telah digunakan berbagai metode perhitungan sehingga penyelesaian yang diperoleh tepat, akurat dan memiliki tingkat ketelitian yang tinggi. cara yang paling sering digunakan sebagai salah satu materi dasar studi aliran daya adalah dengan membentuk matriks admitansi (Y) bus. selanjutnya matriks tersebut dikerjakan dengan iterasi Newton – Raphson.

Dalam metode ini persamaan aliran daya dirumuskan dalam bentuk polar. Arus yang masuk ke bus i dapat dituliskan dengan persamaan berikut (dalam bentuk polar) :

$$I_1 = \sum_j^n |Y_{ij}| |V_j| \angle \theta_{ij} + \delta_j \quad (2.12)$$

Daya kompleks pada bus i adalah :

$$P_i^* - j Q_i^* = V_i^* I_1 \quad (2.13)$$

Dari persamaan (2.12) dan (2.13) didapat persamaan :

$$P_i - jQ_i = |V_i| - \delta_i \sum_j^n |Y_{ij}| |V_j| \angle \theta_{ij} + \delta_j \quad (2.14)$$

Atau kalau dipisahkan bagian real dan imajiner

$$P_i = \sum_{j=1}^n |V_i| |V_j| |Y_{ij}| \cos(\theta_{ij} - \delta_i - \delta_j) \quad (2.15)$$

Dan

$$Q_i = \sum_{j=1}^n |V_i| |V_j| |Y_{ij}| \sin(\theta_{ij} - \delta_i - \delta_j) \quad (2.16)$$

Persamaan (2-15) dan (2-16) membentuk persamaan aljabar non linier dengan variable sendiri. Besarnya setiap variable dinyatakan dalam satuan per unit dan untuk sudut fasa dinyatakan dalam satuan radial. Metode ini menerapkan deret Taylor, sebagai dasar perhitungan iterasinya dengan menggunakan Jacobian.

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_1 & J_2 \\ J_3 & J_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta |V| \end{bmatrix} \quad (2.17)$$

Banyaknya elemen matriks Jacobian dari persamaan (17) ditentukan dengan $(2n - 2 - m) \times (2n - 2 - m)$ dengan n adalah banyaknya bus pada sistem, sedangkan m adalah banyaknya Voltage-Controlled Buses pada sistem. Harga dari $\Delta P_i^{(k)}$ dan $\Delta Q_i^{(k)}$ berbeda antara yang terjadwal dengan nilai perhitungan, dan ini disebut sisa daya yang diberikan dengan :

Perhitungan baru untuk sudut fasa dan tegangan bus adalah :

$$\delta_i^{(k+1)} = V_i^{(k)} + \Delta \delta_i^k \quad (2.18)$$

$$V_i^{(k+1)} = |V_i^{(k)}| + \Delta |V_i^{(k)}| \quad (2.19)$$

Kondisi eksisting penyulang Sungkai dan Okura dipisah oleh recloser danau buatan, kedua penyulang tersebut disuplai dari Gardu Indu Teluk lembu dengan sumber ada transformator daya 2 (dua).

Data Reaktansi dan Impedansi Kabel.

Selain data *single line* diagram, data jenis kawat penghantar dan impedansi saluran juga diperlukan seperti pada Tabel 1 :

Tabel 1 Tahan R dan X kabel AAAC (SPLN 64: 1985)

Luas Penampang (mm ²)	Jari2 (mm)	Urut	GMR (mm)	Impedansi urutan positif (Ohm / km)	Impedansi urutan Nol (Ohm / km)
16	2,2563	7	1,638	2,0161 + j 0,4036	2,1641 + j 1,6911
25	2,8203	7	2,0475	1,2903 + j 0,3895	1,4384 + j 1,6770
35	3,3371	7	2,4227	0,9217 + j 0,3790	1,0697 + j 1,6665
50	3,9886	7	2,8957	0,6452 + j 0,3678	0,7932 + j 1,6553
70	4,7193	7	3,4262	0,4608 + j 0,3572	0,6088 + j 1,6447
95	5,4979	19	4,1674	0,3096 + j 0,3449	0,4876 + j 1,6324
120	6,1791	19	4,6837	0,2688 + j 0,3376	0,4168 + j 1,6324
150	6,9084	19	5,2365	0,2162 + j 0,3305	0,3631 + j 1,6180
185	7,6722	19	5,8155	0,1744 + j 0,3239	0,3224 + j 1,6114
240	8,7386	19	6,6238	0,1344 + j 0,3158	0,2824 + j 1,6034

Penyulang Sungkai dan Okura disuplai dengan dengan kawat penghantar jenis All Alloy Aluminium Conductor (AAAC) dengan ukuran 150 mm². Dengan diketahuinya data resistansi dan reaktansi saluran seperti pada Tabel 3.1 maka nilai dari tegangan perbus dari kedua penyulan akan diketahui. Kabel AAAC dirancang sebagai kabel yang memiliki konstruksi kuat dan anti karat. Oleh karena itu, kabel AAAC dapat digunakan dalam jangka waktu yang sangat lama. Pada umumnya, kabel jenis ini digunakan sebagai penghantar atau

penangkal petir. Pada penyulang Sungkai dan Okura luas penampang kawat penghantar yang digunakan adalah 150 mm² sehingga dari tabel 1 perhitungan impedansi saluran bisa diperhitungkan seperti pada Tabel 2.

Tabel 2 Tahan R dan X kabel Penyulang Sungkai dan Okura

Bus Awal	Bus Akhir	Luas Penampang (mm ²)	Jarak (km)	R (Ohm)	X (Ohm)
1	2	240	0,077	0,001887	0,002406
2	3	240	1,5	0,081075	0,123938
3	4	150	0,365	0,019728	0,030158
4	5	150	0,334	0,018053	0,027597
5	6	150	0,7	0,037835	0,057838
6	7	150	0,261	0,014107	0,021565
7	8	150	0,105	0,005675	0,008676
8	9	150	0,145	0,007837	0,011981
9	10	240	0,173	0,009351	0,014294
10	11	150	0,325	0,017566	0,026853
11	12	150	0,088	0,004756	0,007271
12	13	150	0,162	0,008756	0,013385
13	14	150	0,286	0,015458	0,023631
14	15	150	0,187	0,010107	0,015451
15	16	150	0,167	0,009026	0,013798
9	17	150	0,074	0,001813	0,002313
17	18	150	0,198	0,010702	0,01636
18	19	150	0,289	0,01562	0,023879
19	20	150	1,406	0,075994	0,116171
19	21	150	0,36	0,019458	0,029745
21	22	150	0,15	0,008108	0,012394
22	23	150	0,096	0,005189	0,007932
23	24	150	0,109	0,005891	0,009006
24	25	150	0,05	0,002703	0,004131
25	26	150	0,141	0,007621	0,01165
26	27	150	0,089	0,00481	0,007354
27	28	150	0,099	0,005351	0,00818
26	29	150	0,095	0,005135	0,007849
29	30	150	0,249	0,013458	0,020574
30	31	150	0,115	0,006216	0,009502
31	32	150	0,04	0,002162	0,003305
32	33	150	0,086	0,004648	0,007106
33	34	150	0,267	0,014431	0,022061
34	35	150	0,238	0,012864	0,019665
35	36	150	0,013	0,000703	0,001074
35	37	150	0,075	0,004054	0,006197
30	38	150	0,062	0,003351	0,005123
38	39	150	0,205	0,01108	0,016938
39	40	150	0,11	0,005946	0,009089
40	41	150	0,182	0,009837	0,015038

41	42	150	0,045	0,002432	0,003718
42	43	150	0,286	0,015458	0,023631
43	44	150	0,221	0,011945	0,01826
44	45	150	0,119	0,006432	0,009832
44	46	150	0,565	0,030538	0,046683
46	47	150	0,199	0,010756	0,016442
46	48	150	0,162	0,008756	0,013385
48	49	150	0,316	0,01708	0,02611
40	50	150	0,207	0,011188	0,017103
50	51	150	0,224	0,012107	0,018508
51	52	150	0,461	0,024917	0,03809
52	53	150	0,249	0,013458	0,020574
53	54	150	0,133	0,007189	0,010989
54	55	150	0,001	5,41E-05	8,26E-05
54	56	150	0,149	0,008053	0,012311
56	57	150	0,033	0,001784	0,002727
57	58	150	0,045	0,002432	0,003718
58	59	150	0,04	0,002162	0,003305
57	60	150	0,33	0,017837	0,027266
60	61	150	0,358	0,01935	0,02958
61	62	150	0,046	0,002486	0,003801
62	63	150	0,13	0,007027	0,010741
63	64	150	0,143	0,007729	0,011815
17	65	150	0	0	0
65	66	150	0	0	0
66	67	150	0,405	0,02189	0,033463
67	68	150	0,065	0,003513	0,005371
68	69	150	0,257	0,013891	0,021235
69	70	150	0,13	0,007027	0,010741
67	71	150	0,242	0,01308	0,019995
71	72	150	0,101	0,005459	0,008345
72	73	150	0,44	0,023782	0,036355
73	74	150	0,215	0,011621	0,017764
65t	75	150	0,309	0,016701	0,025531
75	76	150	0,407	0,021998	0,033628
76	77	150	0,492	0,026593	0,040652
77	78	150	0,156	0,008432	0,01289
78	79	150	0,001	5,41E-05	8,26E-05
78	80	150	0,233	0,012594	0,019252
80	81	150	0,176	0,009513	0,014542
81	82	150	0,055	0,002973	0,004544
81	83	150	0,265	0,014323	0,021896
83	84	150	0,623	0,033673	0,051475
84	85	150	0,17	0,009189	0,014046
85	86	150	0,147	0,007945	0,012146
80	87	150	0,986	0,053293	0,081468
87	88	150	0,986	0,053293	0,081468
88	89	150	0,171	0,009243	0,014129

89	90	150	0,654	0,035349	0,054037
89	91	150	0,618	0,033403	0,051062
91	92	150	0,302	0,016323	0,024953
92	93	150	0,091	0,004919	0,007519
2	94	150	2,13	0,115127	0,175991
94	95	150	0,001	5,41E-05	8,26E-05
95	96	150	0,7	0,037835	0,057838
96	97	150	0,3	0,016215	0,024788
97	98	150	2,148	0,116099	0,177479
98	99	150	0,2	0,01081	0,016525
99	100	150	0,12	0,006486	0,009915
100	101	150	0,15	0,008108	0,012394
101	102	150	0,25	0,013513	0,020656
102	103	150	0	0	0
103	104	150	0,188	0,010161	0,015534
104	105	150	0,065	0,003513	0,005371
105	106	150	0,055	0,002973	0,004544
98	107	150	0,228	0,012323	0,018839
107	108	150	0,095	0,005135	0,007849
107	109	150	0,28	0,015134	0,023135
109	110	150	0,319	0,017242	0,026357
110	111	150	0,536	0,028971	0,044287
111	112	150	0,248	0,013404	0,020491
112	113	150	0,798	0,043132	0,065935
113	114	150	0,315	0,017026	0,026027
113	114	150	0,315	0,017026	0,026027
114	115	150	0,284	0,01535	0,023466
115	116	150	0,473	0,025566	0,039082
116	117	150	0,739	0,039943	0,06106
116	118	150	0,225	0,012161	0,018591
118	119	150	0,288	0,015566	0,023796
119	120	150	0,136	0,007351	0,011237

Data Beban Penyulang

Selain data impedansi, dalam penelitian ini juga memerlukan data beban transformator penyulang seperti pada Tabel 3.

Tabel 3 Beban Transformator Penyulang Sungkai dan Okura

No. Bus	Jenis Bus	Transfor mator	MW	Mvar
2	1		0	0
3	0	154	0,076858	0,0329
4	0	32	0,070584	0,030215
5	0	135	0,058428	0,025011
6	0	176	0,015685	0,006714
7	0	106	0,123914	0,053043
8	0	224	0,029998	0,012841
9	0	240	0,021959	0,0094
10	0	79	0,069996	0,029963

11	0	118	0,113719	0,048679
12	0	13	0,14803	0,063367
13	0	84	0,085289	0,036509
14	0	172	0,084505	0,036174
15	0	22	0,121365	0,051952
16	0	212	0,117444	0,050274
17	0		0	0
18	0	78	0,120777	0,051701
19	0	45	0,04039	0,017289
20	0	232	0,100582	0,043056
21	0	109	0,111366	0,047672
22	0	7	0,116268	0,04977
23	0		0	0
24	0	8	0,09372	0,040118
25	0	249	0,033135	0,014184
26	0	0	0	0
27	0	105	0,111366	0,047672
28	0	6	0,127835	0,054722
29	0	77	0,169206	0,072431
30	0		0	0
31	0	286	0,042743	0,018297
32	0	152	0,032547	0,013932
33	0	94	0,112346	0,048092
34	0	34	0,140776	0,060261
35	0		0	0
36	0	125	0,017058	0,007302
37	0	121	0,014705	0,006295
38	0	2	0,111758	0,04784
39	0	301	0,055487	0,023752
40	0		0	0
41	0	174	0,113327	0,048511
42	0	287	0,060977	0,026102
43	0	72	0,138227	0,05917
44	0		0	0
45	0	58	0,137639	0,058918
46	0		0	0
47	0	22	0,121365	0,051952
48	0	3	0,058036	0,024843
49	0	108	0,122346	0,052372
50	0	1	0,145678	0,06236
51	0	179	0,126855	0,054302
52	0	230	0	0
53	0	24	0,081172	0,034747
54	0	276	0,080779	0,034579
55	0	198	0,016077	0,006882
56	0	PJU RUMBAI	0	0
57	0	75	0,085681	0,036677

58	0		0	0
59	0	209	0,01294	0,005539
60	0	80	0,170186	0,072851
61	0	227	0,042743	0,018297
62	0	95	0,024116	0,010323
63	0	199	0,018234	0,007805
64	0	37	0,11313	0,048427
65	0		0	0
66	0	281	0,049017	0,020982
67	0		0	0
68	0	173	0,115091	0,049267
69	0	20	0,013333	0,005707
70	0	294	0,076662	0,032816
71	0	5	0,084505	0,036174
72	0	250	0,030586	0,013093
73	0	250	0,030586	0,013093
74	0	18	0,115287	0,04935
75	0	170	0,105876	0,045322
76	0	21	0,093132	0,039866
77	0	93	0,109797	0,047
78	0	114	0,0249	0,010659
79	0	136	0,04039	0,017289
80	0		0	0
81	0		0	0
82	0	113	0,0249	0,010659
83	0	52	0,095681	0,040958
84	0	239	0,017842	0,007638
85	0	258	0,01647	0,00705
86	0	213	0,049605	0,021234
87	0		0	0
88	0	51	0,031567	0,013513
89	0		0	0
90	0	26	0,004902	0,002098
91	0	67	0,073329	0,03139
92	0	298	0,007647	0,003273
93	0	27	0,024704	0,010575
94	0	102	0,083917	0,035922
95	0	296	0,061761	0,026438
96	0	160	0,028038	0,012002
97	0	PRUM PUTRI AYU	0,069408	0,029711
98	0		0	0
99	0	166	0,070976	0,030382
100	0	286	0,042743	0,018297
101	0	5	0,084505	0,036174
102	0	161	0,053918	0,023081

103	0	162	0,031175	0,013345
104	0	163	0,014705	0,006295
105	0	165	0,019411	0,008309
106	0	157	0,050977	0,021822
107	0		0	0
108	0	81	0,06333	0,027109
109	0		0	0
110	0	49	0,062153	0,026606
111	0		0	0
112	0		0	0
113	0	48	0,001176	0,000504
114	0	40	0,101563	0,043475
115	0	284	0,022156	0,009484
116	0	39	0,121365	0,051952
117	0	216	0,007843	0,003357
118	0	171	0,005294	0,002266
119	0	246	0,027449	0,01175
120	0	195	0,062349	0,02669
121	0	50	0,070976	0,030382

Hasil Dan Pembahasan

Dalam melakukan analisa aliran daya, data parameter terkait panjang kawat penghantar, jenis kawat penghantar, beban transformator dan serta *single line diagram* dari penyulang yang akan dilakukan rekonfigurasi adalah data Data penyulang Okura PT. PLN Unit Layanan Pelanggan (ULP).

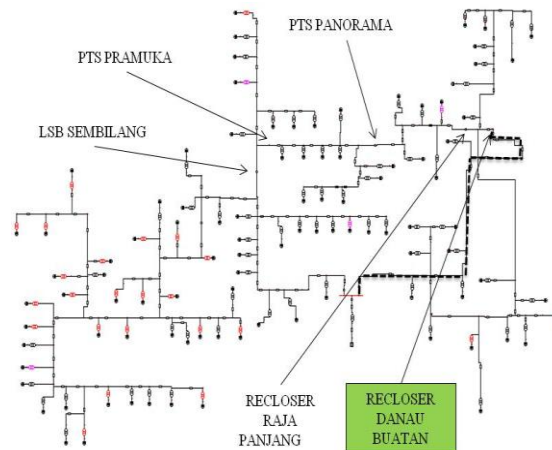
Berdasarkan data yang didapatkan sakelar seksi yang memutuskan penyulang Sungkai dan penyulang Okura adalah *Load Break Switch* (LBS) Sembilang seperti pada Gambar 1. Penyulang Sungkai memiliki panjang saluran sebesar 15.1 kms sedangkan penyulang Okura memiliki panjang saluran sebesar 20.1 kms. Kedua penyulang tersebut sama-sama disuplai dengan menggunakan kawat penghantar AAAC 150 mm². Pada penyulang Sungkai dan Okura terdapat 5 sakelar seksi yang dapat dirubah kondisi *Normally Open* (NO) atau *Normally Close* (NC). Adapun kelima sakelar seksi tersebut adalah *Load Break Switch* (LBS) Sembilang, *Recloser* Panorama, *Recloser* Raja Panjang, *Recloser* danau buatan dan *Pole Top Switch* (PTS) Pramuka. Pada kondisi eksisting sakelar seksi yang berfungsi sebagai pemutus kedua penyulang adalah *Recloser* danau Buatan.

Analisa Hasil

Dikarenakan pada jaringan tersebut memiliki 5 sakelar seksi maka jenis konfigurasi yang akan dilakukan adalah banyak 5 tipe. Kondisi eksisting penyulang merupakan kondisi rekonfigurasi pertama sehingga pada rencana peta rekonfigurasi terdapat 4 tipe rekonfigurasi yang akan dilakukan pemetaan. Adapun bentuk dari peta rekonfigurasi yang ditentukan adalah sebagai berikut:

Rekonfigurasi satu

Pada jenis rekonfigurasi pertama sakelar seksi yang menjadi pemutus kedua penyulang tersebut adalah *Recloser* Danau Buatan.

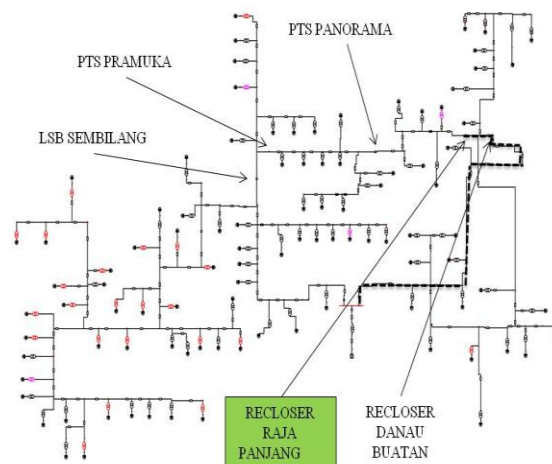


Gambar 1 Bentuk Rekonfigurasi Pertama

Pada jenis rekonfigurasi ini penyulang Sungkai memiliki panjang saluran sepanjang 22.8 n kms dan beban sebesar 5,5 MW sedangkan Okura memiliki panjang saluran sepanjang 11.9 kms dan beban sebesar 1,1 MW.

Rekonfigurasi dua

Pada jenis rekonfigurasi kedua sakelar seksi yang menjadi pemutus kedua penyulang tersebut adalah Recloser Raja Panjang.

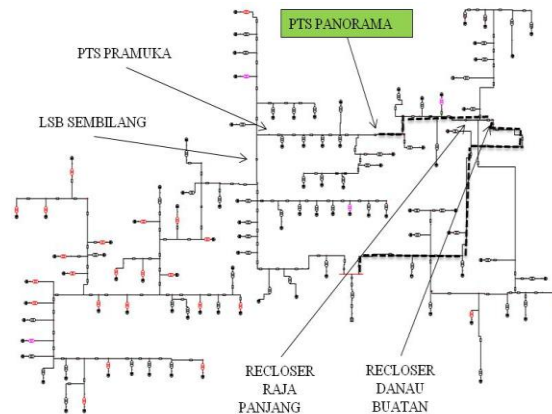


Gambar 2 Bentuk Rekonfigurasi Ke Dua

Pada jenis rekonfigurasi kedua ini penyulang Sungkai memiliki panjang saluran sepanjang 22.8kms dan beban sebesar 5,5 MW sedangkan Okura memiliki panjang saluran sepanjang 11.9 kms dan beban sebesar 1,1 MW.

Rekonfigurasi Tiga

Pada jenis rekonfigurasi ketiga sakelar seksi yang menjadi pemutus kedua penyulang tersebut adalah Recloser Panorama.

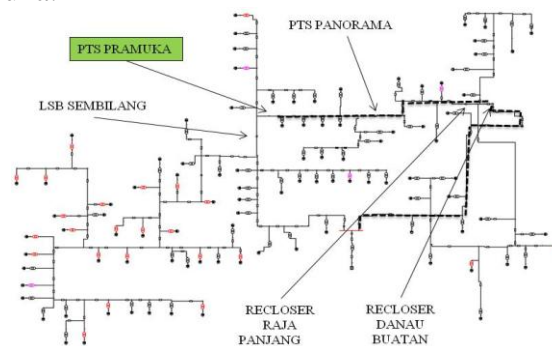


Gambar 3 Bentuk Rekonfigurasi Ke Tiga

Pada jenis rekonfigurasi ketiga ini penyulang Sungkai memiliki panjang saluran sepanjang 19 kms dan beban sebesar 5,4 MW sedangkan Okura memiliki panjang saluran sepanjang 15.9 kms dan beban sebesar 1,2 MW.

Rekonfigurasi Empat

Pada jenis rekonfigurasi keempat sakelar seksi yang menjadi pemutus kedua penyulang tersebut adalah PTS Pramuka.

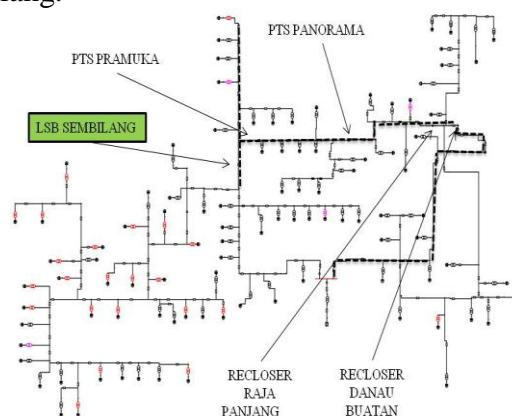


Gambar 1 Bentuk Rekonfigurasi Ke Empat

Pada jenis rekonfigurasi ini penyulang Sungkai memiliki panjang saluran sepanjang 15.9 kms dan beban sebesar 4.9 MW sedangkan Okura memiliki panjang saluran sepanjang 19.6 kms dan beban sebesar 1.9 MW.

Rekonfigurasi Lima

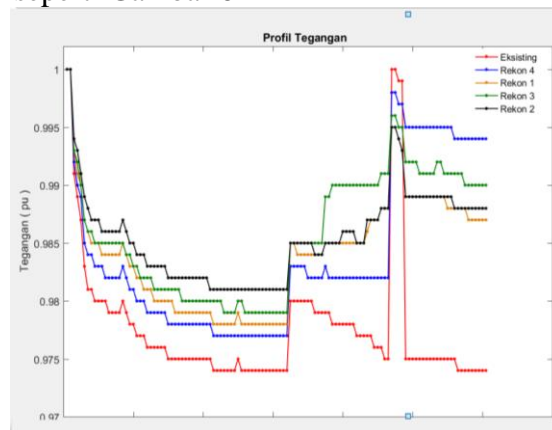
Pada jenis rekonfigurasi lima sakelar seksi yang menjadi pemutus kedua penyulang tersebut adalah LBS Sembilang.



Gambar 5 Bentuk Rekonfigurasi Ke Lima

Pada jenis rekonfigurasi kelima ini penyulang Sungkai memiliki panjang saluran sepanjang 14.1 kms dan beban sebesar 4.2 MW sedangkan Okura memiliki panjang saluran sepanjang 21.5 kms dan beban sebesar 2.5 MW.

Pada simulasi rekonfigurasi melalui aliran daya Newton Rapshon 5 tipe rekonfigurasi di peroleh Grafik Tegangan seperti Gambar 6



Gambar 6. Grafik tegangan menggunakan metode Newton Rapshon

Konfigurasi 1 adalah kondisi rekonfigurasi pada sakelar seksi Recloser Danau Buatan, pada rekonfigurasi ini tegangan kerja tertinggi 1,00 pu dan terendah 0,974 pu dan rugi-rugi daya Aktif sebesar 110 kW dan Daya reaktif sebesar 168 kVar.

Hasil perhitungan Magnitude Tegangan dan Sudut Fasa Tegangan disajikan pada dari kedua metode untuk rekonfigurasi pertama dapat dilihat pada Tabel 4

Tabel 4 Magnitude Tegangan dan Sudut Fasa Rekonfigurasi pertama.

No bus	Metode Newton Rapshon		Metode Gauss-Saidal	
	Tegangan Mag (pu)	Tegangan Sudut (0)	Tegangan Mag (pu)	Tegangan Sudut (0)
1	1.000	0.000	1.000	0.000
2	1.000	0.000	1.000	0.000
3	0.991	-0.336	1.000	-0.008
4	0.989	-0.417	1.000	-0.009
5	0.987	-0.492	1.000	-0.009
120	0.974	-0.990	0.999	-0.049
121	0.974	-0.991	0.999	-0.050

Konfigurasi 2 adalah kondisi rekonfigurasi pada sakelar seksi Recloser Panorama, pada rekonfigurasi ini tegangan kerja tertinggi 1,00 pu dan terendah 0,994 pu dan rugi-rugi daya Aktif sebesar 84 kW dan Daya reaktif sebesar 129 kVar.

Hasil perhitungan Magnitude Tegangan dan Sudut Fasa Tegangan disajikan pada dari kedua metode untuk rekonfigurasi kedua dapat dilihat pada Tabel 5

Tabel 5 Magnitude Tegangan dan Sudut Fasa Rekonfigurasi Kedua

No bus	Metode Newton Rapshon		Metode Gauss-Saidal	
	Tegangan Mag (pu)	Tegangan Sudut (0)	Tegangan Mag (pu)	Tegangan Sudut (0)
1	1,000	0,000	1.000	0.000
2	1,000	0,000	1.000	0.000
3	0,992	-0,288	1.000	-0.008

4	0,990	-0,358	1.000	-0.009
5	0,071	0,030	1.000	-0.009
120	0.994	-0.239	0.999	-0.054
121	0.994	-0.241	0.999	-0.056

Konfigurasi 3 adalah kondisi rekonfigurasi pada sakelar seksi Recloser Danau Buatan, pada rekonfigurasi ini tegangan kerja tertinggi 1,00 pu dan terendah 0,978 pu dan rugi-rugi daya Aktif sebesar 91 kW dan Daya reaktif sebesar 140 kVar.

Hasil perhitungan Magnitude Tegangan dan Sudut Phasa Tegangan disajikan pada dari kedua metode untuk rekonfigurasi ketiga dapat dilihat pada Tabel 6

Tabel 6 Magnitude Tegangan dan Sudut Phasa Rekonfigurasi Ketiga

No bus	Metode Newton Rapshon		Metode Gauss-Saidal	
	Tegangan Mag (pu)	Tegangan Sudut (0)	Tegangan Mag pu	Tegangan Sudut (0)
1	1.000	0.000	1.000	0.000
2	1.000	0.000	1.000	0.000
3	0.993	-0.257	0.999	-0.025
4	0.991	-0.319	0.999	-0.031
5	0.990	-0.375	0.999	-0.035
120	0.987	-0.482	0.999	-0.056
121	0.987	-0.483	0.998	-0.058

Konfigurasi 4 adalah kondisi rekonfigurasi pada sakelar seksi PTS Pramuka, pada rekonfigurasi ini tegangan kerja tertinggi 1,00 pu dan terendah 0,979 pu dan rugi-rugi daya Aktif sebesar 91 kW dan Daya reaktif ssebesar 140 kVar.

Hasil perhitungan Magnitude Tegangan dan Sudut Phasa Tegangan disajikan pada dari kedua metode untuk rekonfigurasi keempat dapat dilihat pada Tabel 7

Tabel 7 Magnitude Tegangan dan Sudut Phasa Rekonfigurasi Empat

No bus	Metode Newton Rapshon		Metode Gauss-Saidal	
	Tegangan Mag (pu)	Tegangan Sudut (0)	Tegangan Mag pu	Tegangan Sudut (0)
1	1.000	0.000	1.000	0.000
2	1.000	0.000	1.000	0.000
3	0.993	-0.257	0.999	-0.025
4	0.991	-0.319	0.999	-0.031
5	0.990	-0.375	0.999	-0.035
120	0.987	-0.482	0.999	-0.056
121	0.987	-0.483	0.998	-0.058

Konfigurasi 5 adalah kondisi rekonfigurasi pada sakelar seksi LBS Sembilang, pada rekonfigurasi ini tegangan kerja tertinggi 1,00 pu dan terendah 0,981 pu dan rugi-rugi daya Aktif sebesar 74 kW dan Daya reaktif ssebesar 113 kVar.

Hasil perhitungan Magnitude Tegangan dan Sudut Phasa Tegangan disajikan pada dari kedua metode untuk rekonfigurasi kelima dapat dilihat pada Tabel 8

Tabel 8 Magnitude Tegangan dan Sudut Phasa Rekonfigurasi Kelima.

No bus	Metode Newton Rapshon		Metode Gauss-Saidal	
	Tegangan Mag (pu)	Teg Sudut (0)	Tegn Mag (pu)	Tegangan Sudut (0)
1	1.000	0.000	1.000	0.000
2	1.000	0.000	1.000	0.000
3	0.994	-0.224	0.999	-0.022
4	0.993	-0.278	0.999	-0.027
5	0.991	-0.327	0.999	-0.031
120	0.988	-0.466	0.999	-0.053
121	0.988	-0.467	0.999	-0.055

Jumlah iterasi dan maksimum error Metode Gauss_Siedel dan Metode Newton-Raphson disajikan pada Tabel 3 dan perbandingan Tegangan Tabel 8

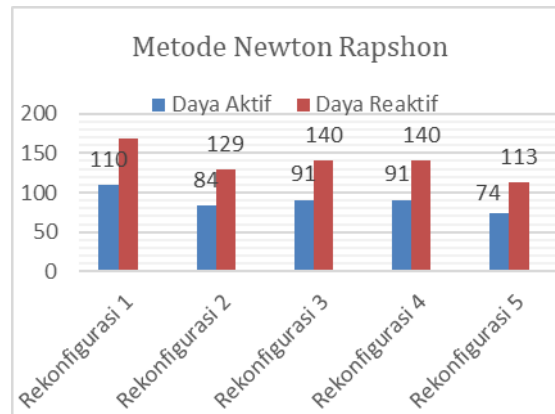
Sedangkan perbandingan profil Tegangan antara ke dua metode serta rugi -rugi daya aktif dan reaktif dapat dilihat pada tabel 9

Tabel 9 Jumlah Iterasi dan Maximum Error

	Metode Newton Rapshon		Metode Gauss-Saidal	
	Iter	Max. Error	Iter	Max. Error
Rekon1	2	0,000347188	101	0.0253651
Rekon 2	2	0,000256766	101	0.0253929
Rekon 3	2	0,000204453	101	0.0167408
Rekon 4	2	0,000204453	101	0.0245611
Rekon5	2	0,000156024	101	0.0246713

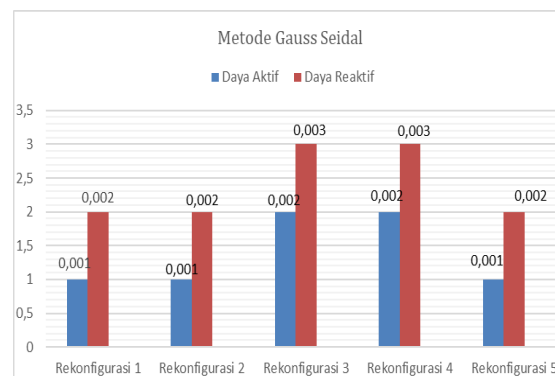
Tabel. 10 Perbandingan Metode Newton Rapshon dan Gauss Seidal.

No Rekon	Tegangan Metode Newton Rapshon				Tegangan Metode Gauss-Saidal			
	Tertinggi	Terendah	Daya Aktif	Daya Reaktif	Tertinggi	Terendah	Daya Aktif	Daya Reaktif
1	1,00	0,974	0,110	0,168	1,00	0,999	0,001	0,002
2	1,00	0,994	0,84	0,129	1,00	0,999	0,001	0,002
3	1,00	0,978	0,91	0,140	1,00	0,998	0,002	0,003
4	1,00	0,979	0,91	0,140	1,00	0,998	0,002	0,003
5	1,00	0,981	0,74	0,113	1,00	0,999	0,001	0,002



Gambar 7. Grafik Rugi daya aktif dan reaktif metode Newton Rapshon

Hasil Aliran daya dengan metode Newton Rapshon dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8 Metode Gauss Seidal Rugi-rugi daya aktif dan daya reaktif pada tiap rekonfigurasi.



Gambar 8. Grafik Rugi daya aktif dan reaktif metode Gauss Seidal

D. Penutup

Berdasarkan pengamatan dan analisis penelitian pada sistem Penyulang Okura PT. PLN Unit Layanan Pelanggan (ULP) Rumbai. Hasil penelitian ini telah didapati beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Konfigurasi yang optimal di dapati pada konfigurasi ke 5 yakni Lokasi LBS sembilang. Rugi-rugi daya pada saluran berkurang dari 110 kW menjadi 74 kW .
2. Profil Tegangan pada metode Newton Rapshon didapati tegangan tertinggi 1,00 pu dan terendah 0,981 pu sedangkan pada Gauss Seidal didapati tertinggi 1,00 pu dan terendah 0,999 pu.
3. Jumlah iterasi untuk mencapai konvergen, metode Newton Rapshon 2 Iterasi dan metode Gauss seidal 101 Iterasi, ini membuktikan bahwa metode Newton Raphson mempunyai kurva iterasi yang lebih baik daripada metode Gauss Seidel.

Daftar Pustaka

- [1]. I Gusti Nyoman Indra Wiguna, 2019, Analisa Rekonfigurasi Jaringan Distribusi 20 kV Pada Penyulang Berawa Untuk Menurunkan Losses dan Drop Tegangan Penyaluran Tenaga Listrik, Jurnal SPEKTRUM Vol. 6, No. 2 Juni 2019
- [2]. Gupta. BR.,1998., Power System Anaysis and Design., A.H. Wheeler & Co. Ltd., New Delhi.
- [3]. Nikolaus M. Tana, April 2019, Rekonfigurasi Jaringan Pada Saluran Udara Tegangan Menengah 20 KV Penyulang Naioni PT. PLN (Persero) ULP Kupang Menggunakan

- Perangkat Lunak Electical Transient Analysis Program (ETAP) 12.6 . Jurnal Media Elektro VOL 8 N0.1 (2019): APRIL 2019.
- [4]. Nurhani Amin, 2011. Perbandingan Metode Gauss- Siedel dan Metode Newton Rapshon Dalam Solusi Aliran Daya, SMARTek Vol 9, No 3 (2011)
- [5]. Saadat, H. 1999 Power System Analysis Series in Electrical and Computer Engineering Grainger McGraw-Hill
- [6]. Stevenson, William D.,Granger, John J., 1994., Power System Analysis., McGraw-Hill International Edition., New York.
- [7]. Zulfahri. 2020. “Implementasi Metode Newton Rafshon Dalam Rekonfigurasi Penyulang Sungkai Okura Di PT. PLN Unit Layanan Pelanggan (ULP) Rumbai.