

APLIKASI METODE NEWTON RAPHSON UNTUK MENGHITUNG ALIRAN DAYA MENGGUNAKAN PROGRAM MATLAB R2016a

Zulfahri¹, Arlenny², Usaha Situmeang³, David Setiawan⁴

^{1,2,3,4} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lancang Kuning

Jl. Yos Sudarso km. 8 Rumbai, Pekanbaru, Telp. (0761) 52324

Email: zulfahri@unilak.ac.id¹, arlenny@unilak.ac.id², usaha@unilak.ac.id³, dsetia@unilak.ac.id⁴

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. Untuk mendapatkan profil tegangan, aliran daya aktif, dan daya reaktif dalam suatu sistem tenaga listrik diperlukan analisis aliran daya dalam mengevaluasi kinerja sistem kelistrikan. Evaluasi dilakukan secara terus menerus, sehingga diperlukan perhitungan aliran daya untuk setiap operasinya. Pada umumnya, analisa aliran daya merupakan suatu metode numerik dalam menyelesaikan permasalahan aliran daya. Perhitungan numerik tersebut dilakukan secara berulang hingga memperoleh nilai mismatch yang mendekati nol, ada 3 metode penyelesaian perhitungan persamaan aliran daya sistem, diantaranya menggunakan metode Gauss-Seidel, Newton Raphson serta metode Fast Decoupled. Melalui penelitian ini metode Newton Raphson diaplikasikan untuk menghitung aliran daya menggunakan Program Matlab R16a mencapai konvergensi pada iterasi ke-3 dengan toleransi 0,0001. Dengan tegangan 1,050 pu di dapati pada bus 1 dan 49 dan tegangan terendah 1,004 pu. Sedangkan daya aktif yang dimiliki oleh sistem adalah sebesar 2.406 MW untuk memenuhi kebutuhan beban dengan kerugian daya aktif sebesar 0.048 kW, serta daya reaktif tercatat adalah 1.019 MVAR, dengan rugi daya reaktif yang dialami saluran adalah sebesar sebesar 0.072 kVAR.

Kata Kunci: Analisa Aliran Daya, Newton-Raphson, MATLAB

ABSTRACT

The electricity system continues to develop in line with population growth and the increasing demand for electrical energy. With the increase in the system and the increase in load, it is necessary to take into account losses and proper operation of the network so that stable electricity quality can be met. To obtain a profile of voltage, active power flow, and reactive power in an electric power system, power flow analysis is needed in evaluating the performance of the electrical system. Evaluation is carried out continuously, so it is necessary to calculate the power flow for each operation. In general, power flow analysis is a numerical method in solving power flow problems. The numerical calculations are carried out repeatedly until the mismatch value is close to zero, there are 3 methods of solving the system power flow equation calculation, including using the Gauss-Seidel method, Newton Raphson and the Fast Decoupled method. Through this research, the Newton Raphson method was applied to calculate the power flow using the Matlab R16a program to achieve convergence in the 3rd iteration with a tolerance of 0.0001. With a voltage of 1.050 pu found on buses 1 and 49 and the lowest voltage is 1.004 pu. While the active power owned by the system is 2,406 MW to meet the load requirements with an active power loss of 0.048 kW, and the recorded reactive power is 1,019 MVAR, with a reactive power loss experienced by the line of 0.072 kVAR.

Keywords: : Power Flow Analysis, Newton-Raphson, MATLAB

1. PENDAHULUAN

Aliran beban (atau aliran daya) merupakan solusi untuk kondisi operasi normal sistem kelistrikan. Umumnya, perhitungan aliran daya dilakukan untuk perencanaan, operasi sistem, dan sistem kontrol [1]–[3]. Sehingga didapati dari studi aliran daya adalah berupa besaran dan sudut fasa tegangan masing-masing bus serta rugi-rugi daya aktif dan reaktif pada setiap saluran.

Evaluasi jaringan, baik perencanaan maupun desain, umumnya akan meningkat sesuai dengan kebutuhan konsumen, peningkatan kebutuhan listrik harus diimbangi dengan peningkatan kualitas daya

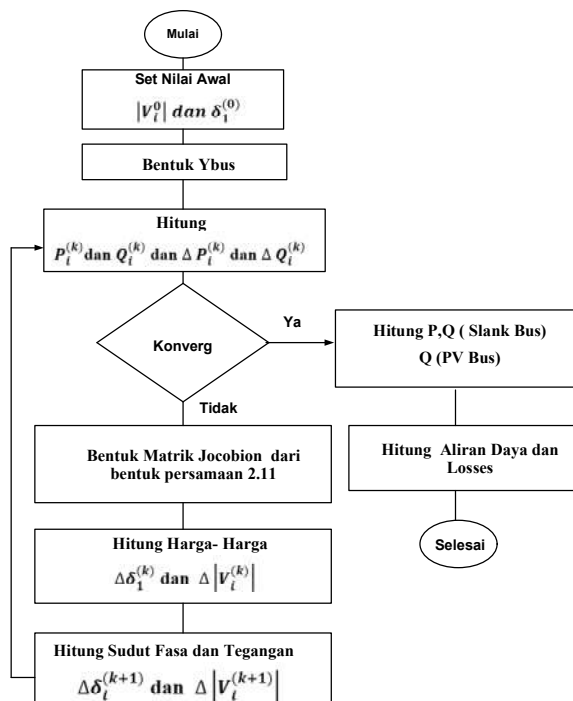
listrik yang dipasok oleh perusahaan listrik [4]–[7]. Tuntutan daya dan kepadatan beban yang lebih tinggi membuat pengoperasian sistem tenaga menjadi lebih rumit. Dengan penyaluran energi listrik ke konsumen yang jauh, menimbulkan peningkatan rugi-rugi daya dan penurunan tegangan yang cukup besar sehingga mengakibatkan kinerja sistem yang buruk [8]–[10].

Analisis sistem tenaga listrik adalah suatu cara untuk meningkatkan kualitas daya listrik, meliputi analisa parameter aliran beban, kondisi keseluruhan suatu sistem tenaga listrik, apakah masih memenuhi batas yang telah ditentukan, dan untuk menentukan rugi-rugi daya.

Saat ini aplikasi komputer telah banyak digunakan pada sistem dengan tujuannya untuk mempermudah dan mendapatkan hasil yang lebih akurat [11]. Penelitian ini melakukan simulasi dan analisis aliran daya sistem Feeder Gemini GI Perawang PT. PLN (Persero) ULP Perawang dengan aplikasi Newton-Rhapon melalui program matlab R2016a, menjadi alternatif dalam simulasi ini dengan dasar bahwa metode Newton-Rhapon telah banyak digunakan di hampir semua analisis sistem tenaga listrik.

2. METODE PENELITIAN

Tujuan dari Penelitian ini adalah untuk memecahkan masalah menyelesaikan analisis aliran daya pada sistem tenaga listrik dan menentukan kondisi aliran daya pada sistem, berapa besar tegangan pada setiap bus untuk kondisi operasi normal, dan berapa daya aktif dan reaktif yang mengalir pada setiap cabang, melalui metode Newton-Rapson dan disimulasikan pada Feeder Gemini Gardu Induk Perawang. Seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Diagram alir algoritma komputasi dari metode yang diusulkan.

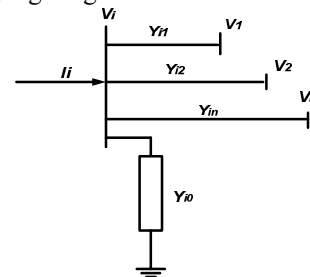


Gambar 1. Algoritma komputasi dari metode yang diusulkan

Analisis aliran daya membutuhkan informasi aliran energi dalam situasi darurat atau normal untuk mengevaluasi kinerja sistem kelistrikan dan menganalisis kondisi beban dan pembangkitan, maka dilakukan studi untuk memperoleh informasi tentang aliran daya dan tegangan suatu sistem dalam kondisi operasi yang stabil [12].

Dalam analisis aliran daya pada sistem daya, biasanya rel atau busbar dibagi dalam tiga klasifikasi yaitu: rel atau bus pembangkitan (regulated bus, PV-bus), pada rel ini magnitude tegangan $[V]$, dan daya aktif P telah ditetapkan sedangkan sudut fase tegangan θ , dan daya reaktif (Q) diperoleh pada akhir program (Q harus dalam batas $Q_{min} \leq Q \leq Q_{max}$). Rel beban (load bus, P-Q bus), pada rel ini daya aktif P dan daya reaktif Q sudah ditetapkan, pada akhir program diperoleh tegangan rel sesuai daya P dan Q yang diskedulkan [13]. Adapun 3 (tiga) klasifikasi dalam penyelesaian aliran daya, bus-bus sebagai berikut [9]:

1. Swing bus yang sering juga disebut floating bus, slack bus atau reference bus, dipilih antara generator bus atau penyedia daya yang mempunyai kapasitas terbesar pada jaringan yang dianalisa. Bus ini memiliki tegangan dan sudut fasa yang besar nilai) nilai tertentu, biasanya diberi nilai $1,06 + j0,00$ pu. Bus ayun ini harus mampu menghasilkan daya aktif dan daya reaktif yang diperlukan untuk mengoperasikan bus beban dan mengkompensasi kehilangan daya di saluran.
2. Bus kontrol tegangan (voltage controlled) atau bus generator, ini adalah bus dengan nilai tegangan dan daya reaktif tertentu. Tegangan pada bus ini dapat dikontrol dengan mengatur daya reaktif yang disuplai atau diserap oleh bus. Daya reaktif ini ditentukan dalam kisaran minimum dan maksimum tertentu. Daya aktif dapat diatur untuk mempertahankan tegangan tertentu kecuali batas daya reaktif yang ditentukan terlampaui.
3. Bus beban adalah bus yang telah memperoleh nilai daya aktif dan daya reaktif tertentu berdasarkan pengukuran pada waktu tertentu. Nilai tegangan bus beban harus dicari melalui proses iteratif hingga tercapai nilai tertentu yang konvergen dengan toleransi akurasi yang diinginkan.



Gambar 2. Model bus Sistem Tenaga Listrik

Dalam Analisa aliran daya terdapat bus-bus yang menyusun sebuah sistem 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). Pada rel atau bus pembangkitan (regulated bus, PV-bus), magnitude tegangan $[V]$, dan daya aktif P telah ditetapkan sedangkan sudut fase tegangan θ , dan daya reaktif (Q) diperoleh pada akhir program. Aplikasi Hukum arus Kirchoff pada bus dapat diberikan :

$$I_i = y_{i0} v_i + y_{i1}(v_i - v_1) + y_{i2}(v_i - v_2) + \dots + y_{in}(v_i - v_n) \\ = (y_{i0} + y_{i1} + y_{i2} + y_{in})V_i - y_{i1} V_1 - y_{i2} V_2 - y_{in} V_n \quad (1)$$

Atau

$$I_1 V_i \sum_{j=1}^n y_{ij} - \sum_{j=1}^n y_{ij} V_j, j \neq i \quad (2)$$

Daya aktif dan daya reaktif pada bus i adalah :

$$P_i + j Q_i = V_i \cdot I_i^* \quad (3)$$

Atau

$$I_1 = \frac{P_i + j Q_i}{V_i^*} \quad (4)$$

Dari persamaan (2) dan (4), diperoleh

$$\frac{P_i + j Q_i}{V_i^*} = V_i \sum_{j=1}^n y_{ij} - \sum_{j=1}^n y_{ij} V_j, j \neq i \quad (5)$$

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

Metode Newton – Raphson.

Metode ini memiliki solusi yang lebih cepat untuk analisis aliran beban dengan dioptimalkan secara tekno-ekonomis dan menghemat sistem yang stabil. Metode ini memuat aliran beban yaitu besaran tegangan, sudut fasa, daya nyata dan reaktif [14]. 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 (bentuk polar) :

$$I_1 = \sum_{j=1}^n |Y_{ij}| |V_j| \angle \theta_{ij} + \delta_j \quad (6)$$

Daya kompleks pada bus i adalah :

$$P_i^* - j Q_i^* = V_i^* I_1 \quad (7)$$

Dari persamaan (6) dan (7) didapat persamaan :

$$P_i - j Q_i = |V_i| - \delta_i \sum_{j=1}^n |Y_{ij}| |V_j| \angle \theta_{ij} + \delta_j \quad (8)$$

Atau kalau dipisahkan bagian real dan imajiner

$$P_i = \sum_{j=1}^n |V_i| |V_j| |Y_{ij}| \cos (\theta_{ij} - \delta_i - \delta_j) \quad (9)$$

Dan

$$Q_i = \sum_{j=1}^n |V_i| |V_j| |Y_{ij}| \sin (\theta_{ij} - \delta_i - \delta_j) \quad (10)$$

Persamaan (10) dan (11) 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 [9].

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_1 & J_2 \\ J_3 & J_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta |V| \end{bmatrix} \quad (11)$$

Banyaknya elemen matriks Jacobian dari persamaan (11) ditentukan dengan (2n – 2 – m) x (2n – 2 – m) dengan n adalah banyaknya bus pada sistem, sedangkan m adalah banyaknya Voltage-Controlled Buses pada sistem. Harga dari $\Delta P_{i^{\wedge}}(k)$ dan $\Delta Q_{i^{\wedge}}(k)$ berbeda antara yang terjadwal dengan nilai perhitungan, dan ini disebut sisa daya yang diberikan dengan :

Perhitungan baru untuk sudut fasa dan tegangan bus adalah :

$$\delta_i^{(k+1)} = V_i^{(k)} + \Delta \delta_i^k \quad (12)$$

$$V_i^{(k+1)} = |V_i^{(k)}| + \Delta |V_i^{(k)}| \quad (13)$$

Langkah-langkah perhitungan aliran daya menggunakan Metode Newton Raphson tersebut dapat nyatakan dalam bentuk diagram alir Gambar 2 berikut :

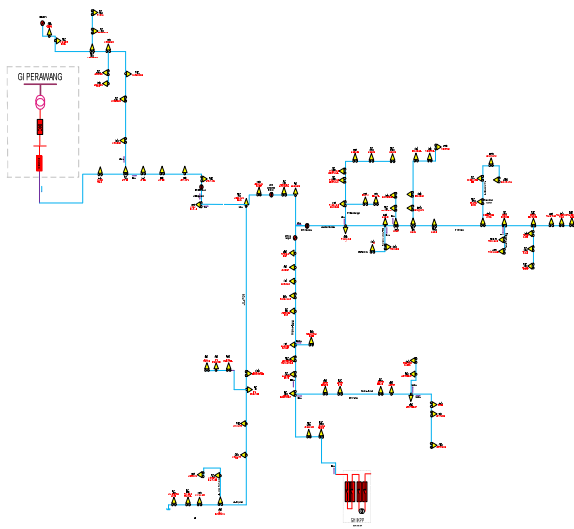
1. Pada bus berbeda dimana P_i^{Sch} dan Q_i^{Sch} harganya ditentukan. Besarnya tegangan dan sudut fasa disamakan dengan nilai slack bus atau 1,0 dan 0,0. jadi $|V_i^0| = 1,0$ dan $\delta_1^{(0)} = 0,0$. Untuk voltage regulated buses dimana $|V_i|$ dan P_i^{Sch} diatur, sedangkan sudut fasa disamakan dengan sudut slack bus jadi $\delta_1^{(0)} = 0$
2. Hitung $P_{i^{\wedge}}(k)$ dan $Q_{i^{\wedge}}(k)$ pada bus beban dan juga $\Delta P_{i^{\wedge}}(k)$ dan $\Delta Q_{i^{\wedge}}(k)$
3. Hitung $P_{i^{\wedge}}(k)$ dan $Q_{i^{\wedge}}(k)$ pada *voltage controlled buses*
4. Hitung elemen-elemen matriks jacobian J1, J2, J3 dan J4
5. Hitung harga-harga $[\Delta \delta]_{i^{\wedge}}(k)$ dan $\Delta |V_{i^{\wedge}}(k)|$
6. Hitung harga-harga baru dari sudut fasa dan tegangan $[\Delta \delta]_{i^{\wedge}}(k+1)$ dan $\Delta |V_{i^{\wedge}}(k+1)|$
7. Proses ini berlangsung sampai : $\Delta |V_{i^{\wedge}}(k+1)| - |V_{i^{\wedge}}(k)| \leq \epsilon$

Sistem Feeder Gemini Gardu Induk Perawang

Data-data yang dikumpulkan adalah berupa diagram satu garis dari penyulang Gemini dan konduktor yang digunakan seperti pada Gambar 3 dan Tabel 1.

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

Luas Penampang (mm ²)	Jari-Jari (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



Gambar 3 Single line single line diagram penyulang gemini

Tabel 2 Tahanan R dan X kabel Penyulang Gemini

Bus Awal	Bus Akhir	Luas Penampang (mm ²)	Jarak (km)	R (Ohm)	X (Ohm)	Z (Ohm)
1	2	240	1,45	0,19488	0,45791	0,497654
2	3	150	1,55	0,33511	0,51228	0,612147
3	4	150	2,3	0,49726	0,76015	0,908348
4	5	150	1,3	0,28106	0,42965	0,513414
5	6	150	3,8	0,82156	1,2559	1,500748
6	7	150	2,3	0,49726	0,76015	0,908348
7	8	150	5,3	1,14586	1,75165	2,093149
8	9	150	0,05	0,01081	0,01653	0,019747
7	10	150	4,25	0,91885	1,40463	1,678469
10	11	150	1,7	0,36754	0,56185	0,671387
11	12	150	1,5	0,3243	0,49575	0,592401
10	13	150	8,25	1,78365	2,72663	3,258204
13	14	150	0,95	0,20539	0,31398	0,375187
3	15	150	0,5	0,1081	0,16525	0,197467
15	16	150	1,7	0,36754	0,56185	0,671387
16	17	150	1,3	0,28106	0,42965	0,513414
17	18	150	1,8	0,38916	0,5949	0,710881
18	19	150	1,4	0,30268	0,4627	0,552907
19	20	150	1,6	0,34592	0,5288	0,631894
20	21	150	0,77	0,16647	0,25449	0,304099
21	22	150	0,55	0,11891	0,18178	0,217214
22	23	150	0,25	0,05405	0,08263	0,098733
23	24	150	0,25	0,05405	0,08263	0,098733
24	25	150	0,85	0,18377	0,28093	0,335694
22	26	150	0,6	0,12972	0,1983	0,23696
26	27	150	0,2	0,04324	0,0661	0,078987
27	28	150	0,45	0,09729	0,14873	0,17772
28	29	150	0,45	0,09729	0,14873	0,17772
29	30	150	0,55	0,11891	0,18178	0,217214
28	31	150	0,25	0,05405	0,08263	0,098733
31	32	150	0,1	0,02162	0,03305	0,039493
32	33	150	0,65	0,14053	0,21483	0,256707
20	34	150	0,15	0,03243	0,04958	0,05924
34	35	150	1,4	0,30268	0,4627	0,552907
35	36	150	1,95	0,42159	0,64448	0,770121
36	37	150	0,85	0,18377	0,28093	0,335694
37	38	150	0,05	0,02304	0,01786	0,029152
38	39	150	1,25	0,576	0,4465	0,728792
39	40	150	0,6	0,27648	0,21432	0,34982
40	41	150	1,1	0,50688	0,39292	0,641337
41	42	150	0,25	0,1152	0,0893	0,145758
42	43	150	0,85	0,39168	0,30362	0,495579
42	44	150	0,25	0,1152	0,0893	0,145758
44	45	150	0,55	0,25344	0,19646	0,320669
45	46	150	0,55	0,25344	0,19646	0,320669
46	47	150	2,25	1,0368	0,8037	1,311826
47	48	150	1,1	0,50688	0,39292	0,641337
46	49	150	0,25	0,1152	0,0893	0,145758
49	50	150	0,25	0,1152	0,0893	0,145758
50	51	150	0,4	0,18432	0,14288	0,233214
51	52	150	0,9	0,41472	0,32148	0,52473
52	53	150	1,95	0,89856	0,69654	1,136916

53	54	150	1,35	0,62208	0,48222	0,787096
54	55	150	0,05	0,02304	0,01786	0,029152
53	56	150	0,95	0,43776	0,33934	0,553882
56	57	150	0,05	0,02304	0,01786	0,029152
57	58	150	0,55	0,25344	0,19646	0,320669
36	59	150	9,2	1,98904	3,0406	3,633391
59	60	150	4,9	1,05938	1,61945	1,935176
60	61	150	8,2	1,77284	2,7101	3,238457
61	62	150	0,45	0,09729	0,14873	0,17772
60	63	150	12,45	2,69169	4,11473	4,916926
63	64	150	0,05	0,01081	0,01653	0,019747
64	65	150	9,9	2,14038	3,27195	3,909844
65	66	150	1,85	0,39997	0,61143	0,730627
66	67	150	0,65	0,14053	0,21483	0,256707
59	60	150	2,65	0,57293	0,87583	1,046575
60	61	150	19,5	4,2159	6,44475	7,701209
61	62	150	1,75	0,37835	0,57838	0,691134
60	63	150	12,3	2,65926	4,06515	4,857685
63	64	150	4,9	1,05938	1,61945	1,935176
64	65	150	1,75	0,37835	0,57838	0,691134
63	66	150	0,3	0,06486	0,09915	0,11848
66	67	150	3,25	0,70265	1,07413	1,283535
67	68	150	8,35	1,80527	2,75968	3,297697
68	69	150	8,85	1,91337	2,92493	3,495164
69	70	150	10,55	2,28091	3,48678	4,166551
70	71	150	6,15	1,32963	2,03258	2,428843
66	72	150	3,15	0,68103	1,04108	1,244041
73	74	150	2,4	0,51888	0,7932	0,947841
74	75	150	2,55	0,55131	0,84278	1,007081
75	76	150	1,1	0,23782	0,36355	0,434427
76	77	150	0,45	0,09729	0,14873	0,17772
77	78	150	3,2	0,69184	1,0576	1,263788
74	79	150	10,25	2,21605	3,38763	4,048071
79	80	150	9,3	2,01066	3,07365	3,672884
80	81	150	1,55	0,33511	0,51228	0,612147
79	82	150	12,25	2,64845	4,04863	4,837939
82	83	150	0,3	0,06486	0,09915	0,11848
83	84	150	1,65	0,35673	0,54533	0,651641
84	85	150	0,75	0,16215	0,24788	0,2962
82	86	150	2,2	0,47564	0,7271	0,868854
86	87	150	0,95	0,20539	0,31398	0,375187
87	88	150	0,35	0,07567	0,11568	0,138227

(Sumber data : PT. PLN (Persero) ULP Perawang 2019)

Tabel 3 Beban Transformator Penyulang Gemini.

No Bus	Gardu	Alamat	Kap (kV A)	Beban				Load (kVA)	Beban Trafo (%)
				R	S	T	N		
2	PRW 076	Kampung Tengah	50	76,3	18,8	57,9	24	33,53	67%
3	PRW 012	JL.PT.SIR 3	100	129	112	101	36	75,25	75%
4	PRW 085	Jl Geringgng I	100	71	36	31,7	25	30,39	30%
5	PRW 086	Jl Geringgng II	100	72,3	91,8	66,7	38	50,58	51%
6	PRW 148	Kampung Gudang	100	13,8	9,7	4,9	7	6,22	6%
7	PRW 087	Jl Geringgng III	100	42,1	98,4	73,2	27	46,83	47%
8	PRW 095	Jl.Afik Okura	100	20	32,9	58,6	20	24,43	24%
9	PRW 107	Jl. Afik Okura PDAM	50	2,3	2,1	1,2	4	1,23	2%
10	PRW 088	Jl Geringgng IV	100	35,6	35,7	46,7	10	25,86	26%
11	PRW 149	Geringgng PKS	100	2,2	2,5	8,9	8	2,98	3%
12	PRW 176	PT. Arowana	160	80	58	75	17	46,68	29%
13	PRW 101	Jl.Bangdes Okura	25	8,1	8,5	13,4	9	6,57	26%
14	PRW 102	Jl Okura (50 Kota)	25	4,7	0,1	21	11	5,65	23%
15	PRW 011	JL.PT.SIR 2	50	26,7	66,3	67,5	23	35,17	70%
16	PRW 010	JL.PT.SIR 1	50	12	17	18,5	2	10,41	21%
17	PRW 098	Jl.Raya km.15	50	26,7	20,2	33,3	9	17,57	35%
18	PRW 104	Jl.Raya km.12	50	17	10,1	12	10	8,57	17%
19	PRW 089	Jl. km.11 Simp.HKPP	160	63,2	6,3	54,7	2	27,22	17%
20	PRW 137	PR. Pipa Caltex	200	27	38	32	13	21,26	11%
21	PRW 141	Jl. Sungai Naga	100	43	40	44	0	27,83	28%
22	BNT 013	BTN Cendrawasih 1	50	34,2	12,3	32,8	12	17,38	35%
23	BNT 014	BTN Cendrawasih 2	200	169	159	154	4	105,62	53%
24	BNT 015	BTN Cendrawasih 3	50	39	34	24	7	21,26	43%
25	BNT 016	Villa Perawang	100	95	80	72	12	54,13	54%
26	PRW 114	Jl.Pipa Caltex	25	19	9	12	11	8,77	35%

27	PRW 160	Jl.Pipa Caltex Baru	100	50	50	50	4	32,87	33%
28	BNT 017	JL.IKPP	200	116	32	95	2	53,25	27%
29	PRW 133	Jl. M.Yamin Baru	100	72	130	42	11,3	53,47	53%
30	BNT 023	Jl.M.Yamin	100	18,8	58,8	27,8	0	23,10	23%
31	BNT 018	JL.IKPP	200	93	102	190	3,9	84,37	42%
32	PRW 113	Jl.Kesehatan	160	71,4	71,9	109	18,9	55,35	35%
33	PRW 082	Jl.Kesehatan	160	80	47,9	30	4,9	34,60	22%
34	PRW 138	Jl.Sungai Naga	250	26	27	23	0	16,65	7%
35	BNT 012	Jl.Impres Bunut	100	86,9	48,4	118	2,3	55,68	56%
36	BNT 011	Jl.Mandi Angin	50	17,4	7,6	13,3	1,2	8,39	17%
37	BNT 026	Bunut	50	6	5	0,1	0,1	2,43	5%
38	BNT 010	JL.PT.SIR 1	50	12	17	18,5	2,1	10,41	21%
39	PRW 115	Kampung Nias	50	12	10	15	1	8,11	16%
40	BNT 009	Pr Aghna Hanafi	100	41,5	30,5	29,6	1,6	22,26	22%
41	BNT 008	Jl.Impres Bunut	50	32,9	62,1	58,5	12	33,64	67%
42	PRW 112	Jl.Amd Bunut	50	33,1	29,1	51,1	12,2	24,83	50%
43	BNT 025	Pr Pinang Permai	100	37,7	34	33,2	4	22,99	23%
44	PRW 111	Jl.Impres	100	9,8	10,5	0,6	0,9	4,58	5%
45	PRW 124	Jl. Amd Bunut	160	75,5	77	96	15	54,45	34%
46	BNT 002	Jl.Pertiwi	200	178	279	187	24	141,12	71%
47	PRW 163	Jl. Pandan Baru	100	50	49	76	9,2	38,35	38%
48	BNT 027	Jl.Pandan (GH IKPP)	200	51,6	44	53,2	14,2	32,61	16%
49	BNT 003	Jl.Pertiwi	250	194	221	207	28,5	136,41	55%
50	BNT 004	Jl.Pertiwi (BTN)	160	60	81	66,4	12	45,45	28%
51	BNT 031	Jl.Pertiwi (PT Hab)	100	2,9	50,3	54	3	23,49	23%
52	BNT 005	Jl. Pertiwi	100	0,1	54	44	8,3	21,50	21%
53	BNT 006	Jl. Pertiwi Bunut	25	13	10	11	13	7,45	30%
54	BNT 007	Jl. Pertiwi Bunut	50	48	34	32	9,6	24,98	50%
55	BNT 152	Jl. Pertiwi Dalam	250	10	15	12	1,1	8,11	3%
56	PRW 145	Pellindo	250	60	70	65	4	42,73	17%
57	PRW 146	Multi Trading	250	27	25	23	6,2	16,44	7%
58	PRW 110	Jl.Pertiwi Ujung	250	25	27	30	9	17,97	7%
59	PRW 167	Jl. Lintas Mandau	100	27	25	19	5,7	15,56	16%
60	PRW 184	PT. Rasau Kuning	200	46	42	45	10,1	29,14	15%
61	PRW 179	Sukajaya 1	100	60	59	48	14,4	36,60	37%
62	PRW 180	Sukajaya 2	100	70	57	44	13,2	37,47	37%
63	PRW 185	PT. Nursery Minas 1	250	42	41	25	7,5	23,67	9%
64	PRW 186	PT. Nursery Minas 2	200	23	20	27	8,1	15,34	8%
65	PRW 170	Mandiangan 1	100	23	30	29	8,7	17,97	18%
66	PRW 171	Mandiangan 2	100	18	20	21	6,1	12,93	13%
67	PRW 172	Mandiangan 3	100	25	23	24	7,2	15,78	16%
68	PRW 150	PT. Arara Abadi	50	9	1	5	1,2	3,29	7%
69	PRW 190	Teluk Kabung	100	66	77	70	20,3	46,68	47%
70	PRW 191	Segintil 1	50	42	39	40	12	26,52	53%
71	PRW 142	Mandau 1	100	30	28	41	1	21,69	22%
72	PRW 188	Muara Bungkal 1	50	33	33	40	9	23,23	46%
73	PRW 189	Muara Bungkal 2	50	25	26	33	4	18,41	37%
74	PRW 143	Mandau 2	100	40	45	48	2	29,14	29%
75	PRW 192	Muara Kelantan 1	100	76	68	62	18,6	45,14	45%
76	PRW 193	Bencah Umbai 1	50	47	45	50	15	31,12	62%
77	PRW 194	Bencah Umbai 2	50	31	38	41	12,3	24,10	48%
78	PRW 212	Tasik Betung 2	50	48	46	48	14,3	31,12	62%
79	PRW 213	Tasik Betung 3	50	27	25	28	8,2	17,53	35%
80	PRW 144	Mandau 3	100	21	18	15	3	11,83	12%
81	PRW 183	Ds Lubuk Jering	100	35	53	43	12,9	28,71	29%
82	PRW 154	Pesantren Gontor	100	42	39	40	12	26,52	27%
83	PRW 181	Ds Lubuk Jering Sd	100	52	50	50	15	33,31	33%
84	PRW 182	Ds Lubuk Jering	100	57	51	55	16,5	35,72	36%
85	PRW 205	Ds Lubuk Jering	100	35	53	43	11,1	28,71	29%
86	PRW 155	Ds.Olak Pos Polisi	100	76	68	62	13,2	45,14	45%
87	PRW 214	Teluk Lancang 1	50	23	30	29	8,7	17,97	36%
88	PRW 215	Teluk Lancang 2	50	18	20	21	6	12,93	26%
89	PRW 156	Ds.Olak	100	47	45	50	15	31,12	31%
90	PRW 199	Tumang 3 Kades	50	48	47	45	13,5	30,68	61%
91	PRW 197	Tumang	50	35	40	62	18,1	30,02	60%
92	PRW 198	Tumang	50	55	32	45	13,5	28,93	58%
93	PRW 208	Tumang Tengah	50	51,6	44	53,2	14	32,61	65%
94	PRW 200	Tumang 4 Pasar	50	19	43	30	9	20,16	40%
95	PRW 201	Tumang 5 Stopan	50	35	39	40	12	24,98	50%

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data dan Objek Pembahasan

Metode pengolahan data adalah sistem Feeder Gemini GI Perawang PT. PLN (PERSERO) Unit Pelayanan Pelanggan Perawang. diamati melalui aliran daya Newton Rapshon yaitu profil tegangan tiap-tiap bus serta rugi-rugi daya aktif dan reaktif. didapati sebagai berikut :

Tabel 3.1 Hasil perhitungan nilai besar tegangan bus, sudut tegangan, daya aktif dan daya reaktif setiap bus.

Bus No	Voltage mag	Angle Degree	Load		Generation		Injected MVAr
			MW	MVAr	MW	MVAr	
1	1,050	0,000	0,000	0,000	2,452	1,087	0,000
2	1,047	- 0,102	0,029	0,012	0,000	0,000	0,000
3	1,044	-0,217	0,064	0,027	0,000	0,000	0,000
4	1,043	-0,233	0,026	0,011	0,000	0,000	0,000
5	1,043	-0,240	0,043	0,018	0,000	0,000	0,000
6	1,043	-0,257	0,005	0,002	0,000	0,000	0,000
7	1,042	-0,267	0,040	0,017	0,000	0,000	0,000
8	1,042	-0,271	0,021	0,009	0,000	0,000	0,000
9	1,042	-0,271	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
10	1,042	-0,277	0,022	0,009	0,000	0,000	0,000
11	1,042	-0,279	0,003	0,001	0,000	0,000	0,000
12	1,042	-0,281	0,040	0,017	0,000	0,000	0,000
13	1,042	-0,280	0,006	0,002	0,000	0,000	0,000
14	1,042	-0,280	0,005	0,002	0,000	0,000	0,000
15	1,043	-0,251	0,030	0,013	0,000	0,000	0,000
16	1,040	-0,362	0,009	0,004	0,000	0,000	0,000
17	1,037	-0,447	0,015	0,006	0,000	0,000	0,000
18	1,034	-0,565	0,007	0,003	0,000	0,000	0,000
19	1,032	-0,657	0,023	0,010	0,000	0,000	0,000
20	1,029	-0,761	0,018	0,008	0,000	0,000	0,000
21	1,028	-0,773	0,024	0,010	0,000	0,000	0,000
22	1,028	-0,781	0,015	0,006	0,000	0,000	0,000
23	1,028	-0,783	0,090	0,038	0,000	0,000	0,000
24	1,028	-0,783	0,018	0,008	0,000	0,000	0,000
25	1,028	-0,784	0,046	0,020	0,000	0,000	0,000
26	1,028	-0,787	0,007	0,003	0,000	0,000	0,000
27	1,028	-0,789	0,028	0,012	0,000	0,000	0,000
28	1,028	-0,793	0,045	0,019	0,000	0,000	0,000
29	1,028	-0,794	0,045	0,019	0,000	0,000	0,000
30	1,028	-0,794	0,020	0,008	0,000	0,000	0,000
31	1,028	-0,794	0,072	0,030	0,000	0,000	0,000
32	1,028	-0,794	0,047	0,020	0,000	0,000	0,000
33	1,028	-0,795	0,029	0,013	0,000	0,000	0,000
34	1,029	-0,768	0,014	0,006	0,000	0,000	0,000
35	1,027	-0,836	0,047	0,020	0,000	0,000	0,000
36	1,024	-0,929	0,007	0,003	0,000	0,000	0,000
37	1,024	-0,946	0,002	0,001	0,000	0,000	0,000
38	1,024	-0,947	0,009	0,004	0,000	0,000	0,000
39	1,022	-0,964	0,007	0,003	0,000	0,000	0,000
40	1,022	-0,972	0,019	0,008	0,000	0,000	0,000
41	1,021	-0,987	0,029	0,012	0,000	0,000	0,000
42	1,021	-0,990	0,021	0,009	0,000	0,000	0,000
43	1,021	-0,990	0,020	0,008	0,000	0,000	0,000
44	1,021	-0,993	0,004	0,002	0,000	0,000	0,000
45	1,020	-0,999	0,046	0,020	0,000	0,000	0,000
46	1,020	-1,005	0,120	0,051	0,000	0,000	0,000
47	1,020	-1,008	0,033	0,014	0,000	0,000	0,000
48	1,019	-1,009	0,028	0,012	0,000	0,000	0,000
49	1,050	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
50	1,020	-1,007	0,116	0,049	0,000	0,000	0,000
51	1,020	-1,008	0,039	0,016	0,000	0,000	0,000
52	1,019	-1,009	0,020	0,009	0,000	0,000	0,000
53	1,019	-1,011	0,018	0,008	0,000	0,000	0,000
54	1,019	-1,016	0,006	0,003	0,000	0,000	0,000
55	1,019	-1,016	0,021	0,009	0,000	0,000	0,000
56	1,019	-1,016	0,007	0,003	0,000	0,000	0,000
57	1,019	-1,017	0,036	0,015	0,000	0,000	0,000
58	1,019	-1,017	0,014	0,006	0,000	0,000	0,000
59	1,019	-1,017	0,015	0,006	0,000	0,000	0,000
60	1,017	-1,176	0,013	0,006	0,000	0,000	0,000
61	1,017	-1,202	0,025	0,011	0,000	0,000	0,000
62	1,016	-1,219	0,031	0,013	0,000	0,000	0,000
63	1,016	-1,219	0,032	0,014	0,000	0,000	0,000
64	1,016	-1,232	0,020	0,009	0,000	0,000	0,000
65	1,016	-1,232	0,013	0,005	0,000	0,000	0,000
66	1,016	-1,245	0,015	0,006	0,000	0,000	0,000

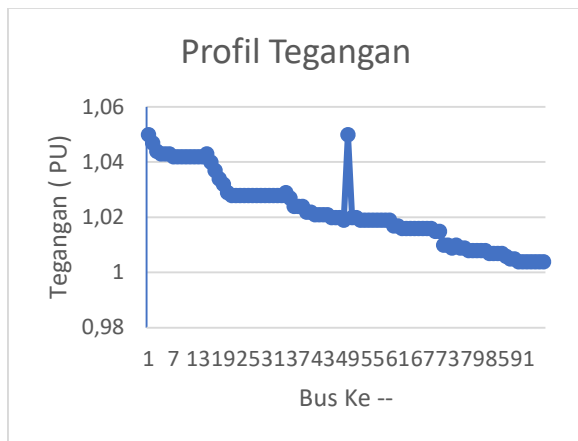
67	1,016	-1,246	0,011	0,005	0,000	0,000	0,000
68	1,016	-1,247	0,013	0,006	0,000	0,000	0,000
69	1,016	-1,232	0,003	0,001	0,000	0,000	0,000
70	1,015	-1,272	0,040	0,017	0,000	0,000	0,000
71	1,015	-1,274	0,022	0,009	0,000	0,000	0,000
72	1,010	-1,470	0,018	0,008	0,000	0,000	0,000
73	1,010	-1,475	0,020	0,008	0,000	0,000	0,000
74	1,009	-1,476	0,016	0,007	0,000	0,000	0,000
75	1,010	-1,475	0,025	0,011	0,000	0,000	0,000
76	1,009	-1,489	0,038	0,016	0,000	0,000	0,000
77	1,009	-1,513	0,026	0,011	0,000	0,000	0,000
78	1,008	-1,532	0,021	0,009	0,000	0,000	0,000
79	1,008	-1,546	0,026	0,011	0,000	0,000	0,000
80	1,008	-1,550	0,015	0,006	0,000	0,000	0,000
81	1,008	-1,514	0,010	0,004	0,000	0,000	0,000
82	1,008	-1,544	0,024	0,010	0,000	0,000	0,000
83	1,007	-1,553	0,022	0,009	0,000	0,000	0,000
84	1,007	-1,556	0,028	0,012	0,000	0,000	0,000
85	1,007	-1,557	0,030	0,013	0,000	0,000	0,000
86	1,007	-1,559	0,024	0,010	0,000	0,000	0,000
87	1,006	-1,624	0,038	0,016	0,000	0,000	0,000
88	1,005	-1,633	0,015	0,006	0,000	0,000	0,000
89	1,005	-1,633	0,011	0,005	0,000	0,000	0,000
90	1,004	-1,694	0,026	0,011	0,000	0,000	0,000
91	1,004	-1,695	0,026	0,011	0,000	0,000	0,000
92	1,004	-1,698	0,025	0,011	0,000	0,000	0,000
93	1,004	-1,699	0,025	0,010	0,000	0,000	0,000
94	1,004	-1,699	0,028	0,012	0,000	0,000	0,000
95	1,004	-1,701	0,017	0,007	0,000	0,000	0,000
96	1,004	-1,701	0,021	0,009	0,000	0,000	0,000

Analisa Hasil

Pada simulasi metode Newton Rapshon untuk menghitung aliran daya menggunakan matlab R2016a. Proses Aliran daya ditujukan untuk mendapatkan profil tegangan dan total kehilangan daya dalam sistem jaringan. Pembatasan yang perlu pertimbangan adalah:

1. Batasan tegangan pada bus $V_{min} = 0,95$ pu dan $V_{max} = 1,05$ pu.
2. Rugi-rugi daya Aktif dan Reaktif.

Berikut ini akan menampilkan hasil simulasi dengan Metode Newton Rapshon dalam Aliran daya Jaringan Listrik Feeder Gemini GI Perawang . Profil tegangan pada tiap bus adalah sebagai berikut:

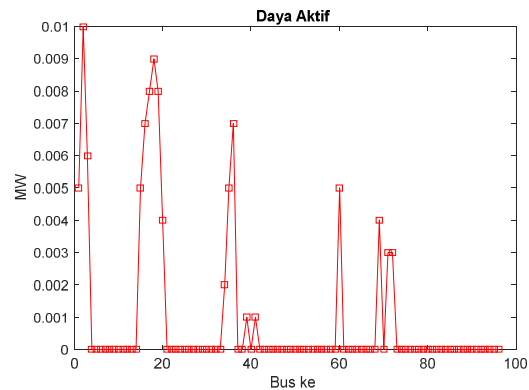


Gambar 4 profil tegangan feeder gemini GI Perawang berdasarkan aliran daya newton rapshon

Grafik tegangan melalui aliran daya memperlihatkan kondisi tegangan pada tiap-tiap bus. Pada bus 1 dan bus 49 mengalami kondisi tegangan

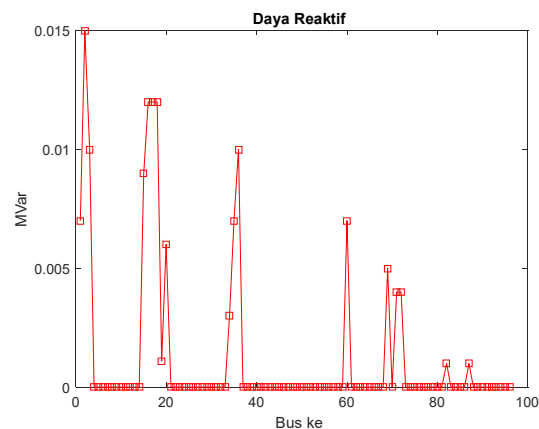
sebesar 1,050 pada bus yang lain masih kondisi normal sedangkan tegangan minimum terjadi di bus 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96 sebesar 1,004 pu.

Perhitungan dengan metode Newton Rapshon memperlihatkan nilai loses yang semakin rendah seiring pertambahan iterasi. Proses penyelesaian persamaan aliran daya mencapai konvergensi pada 0,0001 pada iterasi ke-3. Tegangan dan sudut tegangan pada tabel 3.1 Perhitungan dengan metode Newton Rapshon memperlihatkan nilai loses yang semakin rendah seiring pertambahan iterasi.



Gambar 5 grafik rugi daya aktif feeder gemini GI Perawang hasil simulasi metode newton rapshon.

Gambar 5 merupakan hasil dari perhitungan menggunakan metode Newton-Raphson dan program Matlab R2016a . Jumlah daya aktif yang dimiliki oleh sistem adalah sebesar 2.406 MW untuk memenuhi kebutuhan beban dengan kerugian daya aktif sebesar 0.048 kW.



Gambar 6 grafik rugi daya reaktif feeder gemini GI Perawang hasil simulasi metode newton rapshon.

Sedangkan total daya reaktif tercatat adalah 1.019 MVAR, dengan rugi daya reaktif yang dialami saluran adalah sebesar sebesar 0,072 kVAR. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 6.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan pengamatan dan analisis penelitian pada Feeder Gemini GI Perawang PT. PLN (PERSERO) Unit Pelayanan Pelanggan Perawang., Hasil penelitian ini telah didapati beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil perhitungan iteratif menggunakan metode Newton-Raphson mencapai konvergensi pada iterasi ke-3 dengan toleransi 0,0001. Pada bus 1 dan bus 49 mengalami kondisi tegangan sebesar 1,050 sedangkan Tegangan minimum terjadi di bus 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96 sebesar 1,004 pu
2. Dari hasil analisis aliran daya Feeder Gemini GI Perawang menggunakan Metode Newton Raphson didapati jumlah daya aktif dan reaktif yang dimiliki oleh sistem adalah sebesar 2.406 MW dan 1.019 MVar untuk memenuhi kebutuhan beban dan rugi yang dialami saluran sebesar 0,048 kW dan 0,072 kVar

Saran

1. Hasil analisa aliran daya pada feeder Gemini GI Perawang dapat digunakan sebagai masukan untuk PLN dalam hal memperbaiki sistem dan pengembangan ke depannya.
2. Penulis menyarankan adanya pengembangan selanjutnya dari Jurnal ini untuk dibandingkan metodenya dengan metode-metode lainnya sebagai perbandingan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. R. Gupta, *Power Systems Analysis and Design*, 3rd ed. S. Chand Publishing, 2005.
- [2] H. Hendry, H. Eteruddin, and A. Atmam, "Analysis of Voltage Sag Due to Short Circuit on the Sub System in Central Sumatera," *International Journal of Electrical, Energy and Power System Engineering*, vol. 1, no. 2, pp. 1–5, 2018.
- [3] H. Eteruddin, D. Setiawan, and P. P. P. Hutagalung, "Evaluasi Jaringan Tegangan Menengah 20 kV Pada Feeder 7 Peranap PT. PLN Persero Rayon Taluk Kuantan," in *Seminar Nasional Pakar*, 2020, pp. 1.4.1-1.4.6.
- [4] M. Fikri and D. Anggaini, "Metode Newton Raphson Untuk Analisis Aliran Daya Jaringan Distribusi 12,66 kV," *Jurnal Ilmiah SUTET*, vol. 8, no. 2, pp. 114–121, 2018.
- [5] A. Van 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*, vol. 4, no. 2, pp. 65–71, 2020.
- [6] I. Gunawan, H. Eteruddin, and U. Situmeang, "Analisis Transien Pada Sistem Transmisi 150 kV Riau Setelah Beroperasinya PLTU Tenayan Raya Menggunakan Powerworld Simulator," *Jurnal Teknik*, vol. 14, no. 2, pp. 223–231, 2020.
- [7] H. Eteruddin, M. Mutamalikin, and A. Arlenny, "Perencanaan Sistem Distribusi 20 kV Di Sungai Guntung Kabupaten Indragiri Hilir-Riau," *Jurnal Inovasi Penelitian*, vol. 2, no. 6, pp. 1863–1872, 2021.
- [8] Z. Zulfahri and M. Monice, "Implementasi Metode Newton Raphson Dalam Rekonfigurasi Penyulang Sungai Okura Di PT. PLN Unit Layanan Pelanggan (ULP) Rumbai.," *Rang Teknik Jurnal*, vol. 3, no. 2, pp. 307–316, 2020.
- [9] J. J. Grainger and W. D. Stevenson Jr, *Power System Analysis*, 5th ed. New York: McGraw-Hill, 1994.
- [10] A. D. Riva *et al.*, *Riau Regional Energy Outlook 2019*. Jakarta: Kalaka, 2021.
- [11] H. Saadat, *Power System Analysis*. McGraw-Hill, 2002.
- [12] V. L. Rafael, "Studi Aliran Daya Dengan Metoda Newton Raphson (Aplikasi PT. PLN Sumbar-Riau 150 kV)," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 2, no. 27, 2019.
- [13] A. Hafid, "Implementasi Metode Newton-Raphson Untuk Analisis Aliran Daya Pada Sistem Tenaga Listrik Menggunakan Software Matlab," *Logitech Teknik Elektro*, vol. 1, no. 2, pp. 7–11, 2019.
- [14] A. M. Eltamaly, Y. Sayed, A.-H. M. El-Sayed, and A. N. A. Elghaffar, "Optimum power flow analysis by Newton raphson method, a case study," *Annals of the Faculty of Engineering Hnedoara*, vol. 16, no. 4, pp. 51–58, 2018.