

Analisis Aliran Daya Pada Sistem IEEE 26 Bus Modifikasi

Alfian Rachmadana Us¹, Aldi Muhammad Hidayat², Muhammad Jodiansyah³, Rizky Nurkholas Yuke Syahputra⁴, Yudistira⁵, Bayu Dwi Prabowo⁶, Muslimin⁷

^{1,2,3,4,5,6,7}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman

Jl. Sambaliung No. 09 Kampus Gn. Kelua, Samarinda, Kalimantan Timur, Telp. (0541) 736834

Email : alfianrchmdnuspa20@gmail.com

Abstrak

Analisis aliran daya sangat diperlukan terutama pada sistem jaringan listrik yang bertujuan untuk mengetahui besar dayanya pada suatu sistem tenaga energi listrik yang telah memenuhi batas yang ditentukan. Studi aliran beban *atau Power Flow Study* adalah suatu analisis aliran daya listrik dalam suatu sistem kelistrikan. Metoda penelitian menggunakan metoda aliran daya sistem IEEE dengan jumlah 26 bus yang termodifikasi dengan melakukan analisis jumlah *losses* dan jatuh tegangan pada masing-masing busbar yang ada pada rangkaian menggunakan metode *Newton Raphson* serta menggunakan software MATLAB R2017a. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa nilai aliran daya, rugi-rugi daya, dan jatuh tegangan pada suatu sistem IEEE 26 bus modifikasi menggunakan *software* MATLAB dengan metode *Newton Raphson*. Hasil pembahasan dan simulasi menunjukkan total daya aktif dan daya reaktif sebesar 126,3 MW dan 637 MVR serta daya aktif dan daya reaktif generator sebesar 1292.715 MW dan 677.251 MVAR. Nilai jatuh tegangan terbesar terjadi pada saluran 16 menuju 17 dengan jatuh tegangan sebesar 10.04% dan yang terendah pada saluran 17 menuju 21 dengan besar jatuh tegangan - 8.29%. Berdasarkan SPLN nilai jatuh tegangan memiliki angka toleransi sebesar +5% dan minimal -10%. Maka dapat dikatakan pada analisis sistem tenaga listrik 26 bus IEEE modifikasi tidak sesuai dengan standar PLN yaitu pada saluran 16 ke 17. Hasil simulasi menunjukkan rugi daya aktif terbesar yaitu 6.221 MW dan rugi daya reaktif sebesar 25.132 MVAR.

Kata Kunci: Studi aliran daya, Sistem tenaga listrik, Newton Raphson,

Abstract

Power flow analysis is essential, especially in electrical network systems, to determine the power capacity of an electrical energy system that has reached its specified limits. A power flow study is an analysis of electrical power flow within an electrical system. The research method employs the IEEE power flow method with a modified 26-bus system, analyzing power losses and voltage drops at each busbar in the circuit using the Newton-Raphson method and MATLAB R2017a software. This study aims to analyze the power flow values, power losses, and voltage drops in a modified IEEE 26-bus system using MATLAB software with the Newton-Raphson method. The results of the discussion and simulation show that the total active power and reactive power are 126.3 MW and 637 MVR, respectively, and the active power and reactive power of the generator are 1292.715 MW and 677.251 MVAR, respectively. The largest voltage drop occurs on line 16 to 17 with a voltage drop of 10.04%, and the lowest on line 17 to 21 with a voltage drop of -8.29%. According to SPLN standards, the voltage drop has a tolerance of +5% and a minimum of -10%. Therefore, it can be concluded that the analysis of the modified 26-bus IEEE power system does not comply with PLN standards, specifically on line 16 to 17. The simulation results show the largest active power loss of 6,221 MW and reactive power loss of 25,132 MVAR.

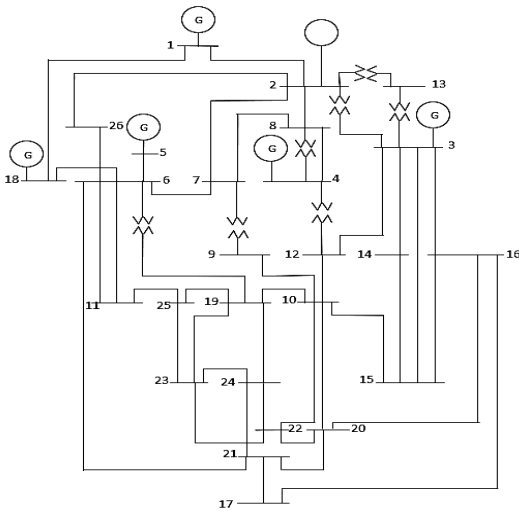
Keywords: Power flow study, Power system, Newton-Raphson

1. PENDAHULUAN

Pada perkembangan zaman saat ini, sangat diperlukannya analisis aliran daya pada sistem jaringan listrik dimana yang dimana memiliki tujuan untuk mengetahui besarnya daya dalam sistem tenaga listrik apakah memenuhi batas-batas yang telah di tentukan. Kajian tentang aliran daya merupakan studi analisis numerik tentang aliran energi listrik dalam suatu sistem kelistrikan. Kajian genre daya juga diklaim menggunakan studi *load flow* yang di analisis dan penilaian persyaratan kondisi tunak dari sistem kelistrikan. Tujuannya adalah untuk mengetahui jenis energi, arus, tegangan, daya nyata serta daya reaktif dalam suatu sistem dalam kondisi apapun. Studi pembangkit listrik diperlukan selama fase desain proyek baru atau ketika mengevaluasi perubahan serta perluasan sistem kelistrikan yang ada. Aliran energi listrik pada setiap sistem kelistrikan diklaim menggunakan “*Load Flow*”. Pada penelitian ini sistem IEEE menggunakan modifikasi jumlah 26 bus dengan menganalisa jumlah rugi-rugi dan jatuh tegangan pada setiap busbar yang terdapat pada rangkaian, menggunakan metode Newton Raphson dalam menyelesaikan perhitungan jumlah rugi-rugi dan jatuh tegangan pada sirkuit. Banyak penelitian telah dilakukan dengan menggunakan berbagai jenis perangkat lunak, salah satunya adalah ETAP. Pada kesempatan ini aplikasi Banyak penelitian yang telah dilakukan menggunakan berbagai macam software salah satunya adalah ETAP. Pada kesempata kali ini aplikasi yang digunakan dalam menganalisa aliran daya adalah MATLAB R2017a.

2. METODE PENELITIAN

Single Line Diagram 26 Bus IEEE Modifikasi
Pemodelan saluran yang digunakan pada percobaan ini didasarkan pada data 26 bus IEEE yang termodifikasi. Data-data terdiri dari 26 bus yang terdiri dari 1 slack bus, 5 generator bus, 20 bus beban dan juga terdapat sebanyak 45 saluran. Rangkaian yang telah dimodifikasi dapat ditinjau pada gambar sebagai berikut :



Gambar 1. Single line diagram 26 bus IEEE Modifikasi

Datasheet Single Line Diagram 26 Bus IEEE Modifikasi

Datasheet yang digunakan merupakan data sheet 26 bus IEEE. Sistem terdiri atas 26 bus yang terhubung secara koneksi antar bus melalui saluran. Data data sistem dinyatakan dalam satuan per unit (p.u). Data untuk tiap tiap elemen masing masing unit sistem dapat di tinjau pada table isbagai berikut ini:

Tabel 1. Data Bus iistem IEEE 26 Bus Modifikasi

Bus No.	Bus Code	Voltage Mag.	Angle Degrees	Load		Generator		Injected MVAR
				MW	MVAR	MW	MVAR	
1	2	1.025	0	51	41	80	0	0
2	1	1.02	0	22	15	0	0	0
3	2	1.025	0	64	50	25	0	0
4	2	1.05	0	25	10	150	0	0
5	2	1.045	0	50	30	350	0	0
6	0	1	0	76	29	0	0	0
7	0	1	0	0	0	0	0	0
8	0	1	0	0	0	0	0	0
9	0	1	0	89	50	0	0	0
10	0	1	0	0	0	0	0	0
11	0	1	0	25	15	0	0	0
12	0	1	0	89	48	0	0	0
13	0	1	0	31	15	0	0	0
14	0	1	0	24	12	0	0	0
15	0	1	0	70	31	0	0	0
16	0	1	0	55	27	0	0	0
17	0	1	0	78	38	0	0	0
18	2	1	0	153	67	65	0	20
19	0	1	0	75	15	0	0	0
20	0	1	0	48	27	0	0	0
21	0	1	0	46	23	0	0	0
22	0	1	0	45	22	0	0	0
23	0	1	0	25	12	0	0	0
24	0	1	0	54	27	0	0	0
25	0	1	0	28	13	0	0	0
26	0	1.015	0	40	20	0	0	0

Tabel 2. Data Saluran 26 Bus Modifikasi

From Bus	To Bus	R (p.u)	X (p.u)	Half Susceptance	Trans. Tap
1	2	0.00055	0.0048	0.03	1
1	18	0.0013	0.0115	0.06	1
2	3	0.00146	0.0513	0.05	1
2	7	0.0103	0.0586	0.018	1
2	8	0.0074	0.0321	0.039	1
2	13	0.00357	0.0967	0.025	1
2	26	0.0323	0.1967	0	1
3	14	0.0046	0.0271	0.001	1
3	15	0.0116	0.061	0	1
3	16	0.01793	0.0888	0.001	1
4	8	0.0008	0.024	0.0001	0.969
4	12	0.0016	0.0207	0.015	0.932
5	6	0.0069	0.03	0.099	1
6	7	0.00335	0.0306	0.00105	1
6	11	0.0097	0.057	0.0001	1
6	18	0.00374	0.0222	0.0012	1
6	19	0.0035	0.066	0.045	1
6	21	0.005	0.09	0.0226	1
7	8	0.0012	0.00693	0.0001	1
7	9	0.00095	0.0429	0.025	1
8	12	0.002	0.018	0.02	1
9	10	0.00104	0.0493	0.001	1
10	12	0.00247	0.0132	0.01	1
10	19	0.0547	0.236	0	1
10	20	0.0066	0.016	0.001	1
10	22	0.0069	0.0298	0.005	1
11	25	0.096	0.27	0.01	1
11	26	0.0165	0.097	0.004	1
12	14	0.0327	0.0802	0	1
12	15	0.018	0.0598	0	1
13	3	0.0007	0.00548	0.0005	0.978
14	15	0.0069	0.0382	0	1
15	16	0.0209	0.0512	0	1
16	17	0.099	0.06	0	1
16	20	0.0239	0.0585	0	1
17	21	0.229	0.445	0	1
19	23	0.03	0.131	0	1
19	24	0.03	0.125	0.002	1
19	25	0.119	0.2249	0.004	1
20	21	0.0657	0.157	0	1
20	22	0.015	0.0366	0	1
21	24	0.0476	0.151	0	1
22	23	0.029	0.099	0	1
22	24	0.031	0.088	0	1
23	25	0.0987	0.1168	0	1

Power Flow Solution by Newton-Raphson Method
Maximum Power Mismatch = 3.20533e-07
No. of Iterations = 4

Bus No.	Voltage Mag.	Angle Degree	-----Load----- MW	Mvar	---Generation--- MW	Mvar	Injected Mvar
1	1.025	-0.336	51.000	41.000	80.000	359.216	0.000
2	1.020	0.000	22.000	15.000	622.715	-231.421	0.000
3	1.025	-4.013	64.000	50.000	25.000	80.466	0.000
4	1.050	-3.407	25.000	10.000	150.000	589.551	0.000
5	1.045	2.748	50.000	30.000	350.000	87.634	0.000
6	1.009	-1.892	76.000	29.000	0.000	0.000	0.000
7	1.032	-2.860	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	1.042	-3.054	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
9	1.019	-5.160	89.000	50.000	0.000	0.000	0.000
10	1.029	-5.441	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11	0.991	-3.401	25.000	15.000	0.000	0.000	0.000
12	1.053	-4.580	89.000	48.000	0.000	0.000	0.000
13	1.003	-3.890	31.000	15.000	0.000	0.000	0.000
14	1.025	-4.706	24.000	12.000	0.000	0.000	0.000
15	1.019	-5.433	70.000	31.000	0.000	0.000	0.000
16	0.997	-6.569	55.000	27.000	0.000	0.000	0.000
17	0.906	-7.366	78.000	38.000	0.000	0.000	0.000
18	1.000	-1.105	153.000	67.000	65.000	-208.194	20.000
19	0.995	-5.870	75.000	15.000	0.000	0.000	0.000
20	1.012	-6.001	48.000	27.000	0.000	0.000	0.000
21	0.988	-5.588	46.000	23.000	0.000	0.000	0.000
22	1.008	-6.292	45.000	22.000	0.000	0.000	0.000
23	0.986	-6.811	25.000	12.000	0.000	0.000	0.000
24	0.981	-7.002	54.000	27.000	0.000	0.000	0.000
25	0.975	-6.481	28.000	13.000	0.000	0.000	0.000
26	0.983	-3.647	40.000	20.000	0.000	0.000	0.000
Total			1263.000	637.000	1292.715	677.251	20.000

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Aliran Daya Pasif menggunakan Metode Newton Raphson

Data yang digunakan merupakan data standar sistem IEEE 26 bus yang telah termodifikasi. Sistem terdiri dari 45 saluran. Simulasi *load flow* pada suatu sistem kali ini dilakukannya dengan menggunakan salah satu metode yaitu metode Newton Raphson. Software yang kami gunakan pada simulasi aliran daya ini adalah MATLAB R2017a. Pada simulasi ini didapatkan nilai rugi daya untuk idaya iaktif (P) serta idaya ireaktif (Q) pada sistem 26 bus IEEE modifikasi.

Hasil simulasi menunjukkan nilai total beban yang digunakan adalah 1263 MW dan 637 MVAR. Daya yang dapat dibangkitkan pada sistem ini adalah 1292.715 MW dan 677.251 MVAR. Konvergensi diperoleh pada iterasi ke-4 dengan nilai power mismatch maksimum sebesar $3.20533e^{-7}$. Data hasil analisa dapat ditinjau pada gambar 2.

Gambar 2. Hasil Simulasi Analisa Aliran Daya

Analisis Rugi-Rugi Daya

Rugi daya merupakan daya yang hilang dalam waktu proses pendistribusian daya listrik mulai menurut asal daya primer menuju suatu beban. Dalam proses transmisi serta distribusi suatu sistem energi listrik tak jarang terjadi irugi-rugi daya yang relatif besar. Rugi daya iterjadi dampak beberapa faktor yaitu faktor misalnya corona, kebocoran isolator, jarak dan lain-lain. Hasil simulasi menunjukkan jumlah rugi daya aktif dan reaktif.

Tabel 3. Hasil Rugi Daya Saluran 26 Bus IEEE Yang Telah Dimodifikasi

From Bus	To Bus	P loss	Q loss
1	2	0.144	-5.019
1	18	0.786	-5.354
2	1	0.144	-5.019
2	3	0.286	-0.421
2	7	0.806	0.796
2	8	2.389	2.07
2	13	0.191	0.06
2	26	0.442	2.693
3	2	0.286	-0.421
3	14	0.094	0.341
3	15	0.204	1.071
3	16	0.615	2.842
3	13	0.011	-0.016
4	8	0.246	7.352
4	12	2.218	25.132
5	6	5.983	5.125
6	5	5.983	5.125
6	7	0.466	2.445
6	11	0.289	1.681
6	18	0.198	0.935
6	19	0.403	-1.424
6	21	0.283	0.586
7	2	0.806	0.796
7	6	0.466	2.445
7	8	0.266	1.514
7	9	0.096	-0.907
8	2	2.389	2.07
8	4	0.246	7.352
8	7	0.266	1.514
8	12	0.543	0.499
9	7	0.096	-0.907
9	10	0.005	0.032
10	9	0.005	0.032
10	12	1.118	3.808
10	19	0.113	0.488
10	20	0.801	1.734
10	22	0.492	1.087
11	6	0.289	1.681
11	25	0.359	-0.924
11	26	0.016	-0.688
12	4	2.218	25.132

Tabel 4. Rugi Daya Pada Saluran 26 Bus IEEE Yang Telah Dimodifikasi

12	8	0.543	0.499
12	10	1.118	3.808
12	14	0.335	0.822
12	15	0.629	2.089
13	2	0.191	0.06
13	3	0.011	-0.16
14	3	0.094	0.341
14	12	0.335	0.822
14	15	0.093	0.515
15	3	0.204	1.071
15	12	0.629	2.089
15	14	0.093	0.515
15	16	0.604	1.48
16	3	0.615	2.842
16	15	0.604	1.48
16	17	6.221	3.771
16	20	0.201	0.492
17	16	6.221	3.771
17	21	0.684	1.33
18	1	0.786	-5.354
18	6	0.198	0.935
19	6	0.403	-1.424
19	10	0.113	0.488
19	23	0.055	0.241
19	24	0.101	0.031
19	25	0.093	-0.6
20	10	0.801	1.734
20	16	0.201	0.492
20	21	0.152	0.362
20	22	0.046	0.113
21	6	0.283	0.586
21	17	0.684	1.33
21	20	0.152	0.362
21	24	0.119	0.379
22	10	0.492	1.087
22	20	0.046	0.113
22	23	0.146	0.497
22	24	0.301	0.854
23	19	0.055	0.241
23	22	0.146	0.497
23	25	0.071	0.085
24	19	0.101	0.031
24	21	0.119	0.379
24	22	0.301	0.854
25	11	0.359	-0.924
25	19	0.093	-0.06
25	23	0.071	0.085
26	2	0.442	2.693
26	11	0.016	0.688

Pada tabel di atas dapat kita lihat saluran yang mengalami rugi daya terbesar terdapat pada saluran 16 dan 17 dengan besarnya kerugian adalah 6.221 MW untuk daya aktif dan pada saluran 4 dan 12 dengan kerugian sebesar 25.132 MVAR untuk daya reaktif.

Analisis Drop Tegangan

Jatuh tegangan merupakan besarnya nilai tegangan yang hilang dalam sebuah penghantar. Secara generik nilai jatuh tegangan berbanding lurus menggunakan parameter panjang saluran serta beban serta berbanding terbalik menggunakan parameter luas penampang penghantar. Standar PLN untuk drop tegangan maksimal memiliki toleransi +5% dan -10%. Jatuh tegangan ini terjadi karena adanya nilai hambatan R dan nilai reaktansi X pada saluran.

$$Vr = \frac{Vs - Vr}{Vr} \times 100\%$$

Keterangan :

Vs : Ujung pengiriman tegangan

Vr : Ujung penerimaan tegangan

Hasil simulasi jatuh tegangan dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Jatuh Tegangan Pada Saluran 26 Bus IEEE Yang Termodifikasi

From Bus	To Bus	Jatuh Tegangan (%)
1	2	0.490196078
1	18	2.5
2	3	-0.487804878
2	7	-1.162790698
2	8	-2.111324376
2	13	1.694915254
2	26	3.763987792
3	14	0
3	15	0.588812561
3	16	2.808425276
4	8	0.767754319
4	12	-0.284900285
5	6	3.567888999
6	7	-2.228682171
6	11	1.816347124
6	18	0.9
6	19	1.407035176
6	21	2.125506073

Tabel 6. Jatuh Tegangan Pada Saluran 26 Bus IEEE Yang Termodifikasi

7	8	-0.959692898
7	9	1.27576055
8	12	-1.044634378
9	10	-0.971817298
10	12	-2.279202279
10	19	3.417085427
10	20	1.679841897
10	22	2.083333333
11	25	1.641025641
11	26	0.813835198
12	14	2.731707317
12	15	3.336604514
13	3	-2.146341463
14	15	0.588812561
15	16	2.20661986
16	17	10.04415011
16	20	-1.482213439

Tabel 7. Jatuh Tegangan Pada Saluran 26 Bus IEEE Yang Termodifikasi

17	21	-8.299595142
19	23	0.912778905
19	24	1.427115189
19	25	2.051282051
20	21	0.396825397
20	22	0.396825397
21	24	0.713557594
22	23	2.231237323
22	24	2.752293578
23	25	1.128205128

4. KESIMPULAN

1. Hasil simulasi menunjukkan total daya aktif dan daya reaktif sebesar 126,3 MW dan 637 MVR serta daya aktif dan daya reaktif generator sebesar 1292.715 MW dan 677.251 MVAR.
2. Nilai jatuh tegangan terbesar terjadi pada saluran 16 menuju 17 dengan jatuh tegangan sebesar 10.04% dan yang terendah pada

- saluran 17 menuju 21 dengan besar jatuh tegangan -8.29%.
3. Berdasarkan SPLN nilai jatuh tegangan memiliki angka toleransi sebesar +5% dan minimal -10%. Maka dapat dikatakan pada analisis system tenaga listrik 26 bus IEEE modifikasi tidak sesuai dengan standar PLN yaitu pada saluran 16 ke 17.
 4. Hasil simulasi menunjukkan rugi daya aktif terbesar yaitu 6.221 MW dan rugi daya reaktif sebesar 25.132 MVAR.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dwi Sulistiyono, 2011, Perbandingan Metode Gauss-Seidel, Metode Newton Raphson dan Metode Fast Decoupled dalam Solusi Aliran Daya.
- [2] Emmy Hosea dan Yusak Tanoto, 2004, Perbandingan Analisa Aliran Daya dengan Menggunakan Metode Algoritma Genetika dan Metode Newton Raphson.
- [3] Josafat Mangundap, Sartje Silimang dan Hans Tumaliang, 2017, Analisa Rugi-Rugi Daya Jaringan Distribusi di PT. PLN (PERSERO) Area MANADO.
- [4] A. Kadir, "Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik," Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik, vol. 53, no. 9, p. 78, 2000.
- [5] A. Tanjung, "Analisis Sistem Distribusi 20 kV untuk Memperbaiki Kinerja dan Keandalan Sistem Distribusi Menggunakan Electrical Transient Analysis Program," Seminar Nasional Teknologi Informasi Komunikasi dan Industri4, p. ISSN :2085-9902, 2012
- [6] Aslimeri, Ganefri, and Z. Hamdi, Teknik Transmisi Tenaga Listrik. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional, 2008
- [7] C. Cekdin and T. Barlian, Transmisi Daya Listrik. Palembang: CV. Andi Offset, 2013.
- [8] D. A. Arismunandar and D. S. Kuwahara, Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik Jilid II. Jakarta: PT. Pradnya Paramita, 2004.
- [9] Dasman and Handayani, "Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi 20 Kv Menggunakan Metode Saidi," Jurnal Teknik Elektro ITP, vol. 6, no. 2, p. 173, 2017.
- [10] E. S. Yudha, M. Haddin, and M. Ismail, "Simulasi Perbaikan Drop Tegangan Dengan Kapasitor," pp. 1–17.
- [11] PT. (Persero) PLN, Buku Pedoman Pemeliharaan Kapasitor. Jakarta: PT. PLN (Persero), 2014.
- [12] PT. (Persero) PLN, Buku Pedoman Pemeliharaan Transformator Tenaga. Jakarta: PT. PLN (Persero), 2010.
- [13] R. B. Laginda, H. Tumaliang, and S. Silimang, "Perbaikan Kualitas Tegangan Pada Jaringan Distribusi Primer 20 KV Di Kota Tahuna," Jurnal Teknik Elektro dan Komputer, vol. Vol.7 No.2, pp. 93–102, 2018.
- [14] S. Sivanagaraju and S. Satyanarayana, Electric Power Transmission and Distribution. New Delhi: Pearson Education, 2009.
- [15] Suhadi and T. Wrahatnolo, Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid 1. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional, 2008.
- [16] T. Gonen, Electric Power Distribution System Engineering. California: Mcgraw Hill College, 1985.
- [17] T. Gonen, Electric Power Distribution System Engineering Second Edition. California: CRC Press, 2008.
- [18] T. S. Prof. Ir. M. S. Hutauruk, Transmisi Daya Listrik. Jakarta: Erlangga, 1996.
- [19] W. D. J. Stevenson, Analisa Sistem Tenaga. Malang: Universitas Brawijaya, 1983.
- [20] Z. Tharo, A. Tarigan, S. Anisah, and K. T. Yuda, "Penggunaan Kapasitor Bank Sebagai Solusi Drop Tegangan Pada Jaringan 20 kV," Semnastek USU, pp. 82–86, 2020