

Analisis Aliran Daya Sistem Tenaga Listrik Pada PT. Sele Raya Merangin Dua Menggunakan Metode Newton-Raphson

Doan Yudanto¹ dan Dasrinal Tessal²

¹Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi
Correspondence e-mail: doan.yuda9@gmail.com¹, dasrinaltessal@unja.ac.id²

Abstrak. Analisis aliran daya digunakan untuk mengetahui parameter-parameter aliran daya yang berguna untuk perencanaan sistem agar beroperasi optimal maupun adanya perubahan sistem yang sudah ada, seperti yang terjadi di PT. Sele Raya Merangin Dua, yang saat ini sedang melakukan perubahan sistem berupa penambahan beban. Adanya penambahan beban ini perlu dilakukan analisis aliran daya untuk mengetahui pengaruh penambahan beban dengan tujuan mengetahui kinerja sistem agar dapat berada dalam kondisi optimalnya. Metode penelitian yang digunakan yaitu kualitatif-deskriptif yang dilakukan secara simulasi menggunakan software ETAP 12.6 dimana hasil dari simulasi akan di tabulasikan dan digrafikan. Hasil penelitian menunjukkan penambahan beban menyebabkan adanya peningkatan daya pembangkitan dan distribusi daya, terutama pada swing-bus ke load-bus dan bus percabangan. Dari sebelumnya daya pembangkitan 1069.1 kVA meningkat ke 1155.2 kVA namun tidak mempengaruhi kinerja tiap peralatan sistem tenaga PT. SRMD dan sistem tenaga listrik masih berada pada kondisi optimal.

Kata Kunci: Analisis aliran daya; Newton-Raphson dan ETAP

Abstract. Power flow analysis is used to determine the power flow parameters that are useful for planning the system to operate optimally as well as changes to existing systems, such as what happened at PT. Sele Raya Merangin Dua, which is currently making system changes in the form of additional loads. With the addition of this load, it is necessary to conduct a power flow analysis to determine the effect of increasing the load with the aim of knowing the system performance so that it can be in optimal condition. The research method used is qualitative-descriptive which is carried out in a simulation using ETAP 12.6 software where the results of the simulation will be tabulated and graphed. The results showed that the increase in load caused an increase in power generation and power distribution, especially on swing-buses to load-buses and branch buses. From the previous generation power of 1069.1 kVA increased to 1155.2 kVA but did not affect the performance of each power system equipment PT. SRMD and the electric power system are still in optimal condition.

Keywords: Load flow analysis; Newton-Raphson and ETAP

PENDAHULUAN

Studi aliran daya merupakan suatu analisa yang berfungsi untuk mengetahui nilai tegangan, nilai arus dan nilai daya yang mengalir pada suatu sistem kelistrikan. Studi aliran daya menyatakan kinerja dan aliran daya aktif dan reaktif untuk kondisi tertentu pada sistem yang bekerja saat seimbang *steady state* [1].

Analisis aliran daya diperlukan untuk memverifikasi apakah jaringan yang telah beroperasi dapat diandalkan atau tidak [2]. Seperti halnya yang terjadi di PT. Sele Raya Merangin Dua (PT. SRMD) yang saat ini sedang melakukan ekspansi sistem berupa penambahan beban baru berupa sumur pengeboran. PT. SRMD merupakan perusahaan yang bergerak dibidang minyak bumi dan gas (migas) yang saat ini sudah memiliki 11 sumur pengeboran minyak. Dengan adanya penambahan beban ini diperlukan sebuah analisis aliran daya yang berguna untuk mengetahui kondisi sistem tenaga listrik sebelum dan sesudah adanya penambahan beban, berupa besaran aliran daya daya aktif, daya reaktif, tegangan dan arus serta rugi daya yang terjadi pada sistem [3].

Studi aliran daya memiliki kegunaan antara lain sebagai berikut [4]:

1. Untuk mengetahui tegangan pada setiap simpul yang ada.

2. Untuk mengetahui semua peralatan yang digunakan apakah memenuhi batasan yang telah ditentukan dalam menyalurkan daya.
3. Untuk memperoleh kondisi awal pada perencanaan sistem yang baru.
4. Berguna pada hubung singkat, stabilitas dan pembebanan ekonomis.

METODE

Dalam penelitian ini digunakan metode analisis Newton-raphson. Metode Newton-raphson menggunakan matriks admitansi bus baik pada ekspansi deret Taylor pertama atau orde kedua yang telah dievaluasi sebagai solusi terbaik untuk keandalan dan konvergensi cepat. Solusi Newton-raphson adalah algoritma pilihan untuk persamaan non linier yang diselesaikan pada sistem computer [5]. Penggunaan aritmatika nyata membutuhkan pengalaman sekitar dua kali lebih banyak referensi memori untuk melakukan jumlah komputasi yang sama dengan aritmatika kompleks [6].

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

$$P_1 - jQ_1 = V_1^* I_1$$

$$P_1 - jQ_1 = |V_1| \angle -\delta_1 \sum_{j=1}^n |Y_{ij}| |V_j| \angle \theta_{ij} + \delta_j$$

$$P_1 - jQ_1 = \sum_{j=1}^n |V_1| |Y_{ij}| |V_j| \angle \theta_{ij} - \delta_1 + \delta_j$$

$$\begin{bmatrix} \Delta P^{(k)} \\ \Delta Q^{(k)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} j1 & j2 \\ j3 & j4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta^{(k)} \\ \Delta |V|^{(k)} \end{bmatrix}$$

Keterangan:

P = Daya aktif

Q = Daya reaktif

y_{ij} = Admitansi kawat i-j

y_{ij} = Admitansi shunt kawat i-j

Elemen-elemen matriks jacobian dapat dihitung dengan menggunakan persamaan aliran daya pada bus i dari persamaan x dan x yang diturunkan sebagai berikut: (i=1, 2..., n) elemen –elemen off diagonalnya dari J1 sebagai berikut:

$$\frac{\partial P_1^{(k)}}{\partial \delta_i} = \sum_{j=1}^n |V_i^{(k)}| |V_j^{(k)}| |Y_{ij}| \sin(\theta_{ij} - \delta_i^{(k)} + \delta_j^{(k)})$$

$$\frac{\partial P_1^{(k)}}{\partial \delta_j} = -|V_i^{(k)}| |V_j^{(k)}| |Y_{ij}| \sin(\theta_{ij} - \delta_i^{(k)} + \delta_j^{(k)})$$

$j \neq i$

Proses iterasi kembali lagi ke proses awal dan hal ini terus diulangi sampai ΔP_{ik} dan ΔQ_{ik} untuk semua

bus (selain swing bus) memenuhi harga toleransi yang diberikan (biasanya diambil ≤ 0.001). Proses iterasi selesai jika sudah mencapai konvergen atau dapat dilihat dalam persamaan berikut ini:

$$\Delta \delta_i^k \leq 0.001$$

$$\Delta |V_i|^k \leq 0.001$$

Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian kuantitatif–deskriptif yang dilakukan secara simulasi menggunakan Software ETAP 12.6 dengan metode analisis simulasi yang digunakan adalah Newton–Raphson. Untuk mengetahui besaran tegangan, arus, daya aktif dan daya reaktif yang mengalir pada sistem tenaga listrik di PT. Sele Raya Merangin Dua.

Prosedur Penelitian

Penelitian ini mempunyai beberapa tahap yang dilakukan yakni dimulai dari tahap awal penelitian, tahap pengumpulan, tahap pengolahan dan analisis data, terakhir tahap kesimpulan dan saran.

Data, Intrumen, dan Teknik Pengumpulan Data

Mengumpulkan berbagai informasi yang diperlukan dimulai dari data fisik seperti datasheet peralatan, data primer dan data sekunder berupa spesifikasi peralatan.

Data Primer dan Sekunder

Tabel 1. Spesifikasi Peralatan Sistem Tenaga Listrik PT. SRMD

No	Nama Peralatan	Spesifikasi Lengkap
1.	Generator	Pabrikan : STAMFORD
		Base Rating (kVA) : 1770
		Base Rating (kW) : 1416
		RPM : 1500
		Voltage (V) : 400
		P.F : 0, 80
		Excitation Voltage (V) : 63
		Excitation Current (A) : 3, 3
		2.
Rated Power (kVA) : 1250		
Rated Voltages : 20. 000		
- HV (V) : 400		
- LV (V) : 3.608		
Rated Current		
- HV (A) : 180.4		
- LV (A) : Mineral		
Insulation Oil : ONAN		
Type of Cooling : 5. 6		
Voltage Impedance % : Dyn5		
Connection		

3. Transformator Distribusi 1	Pabrikan	: SINTRA
	<i>Rated Power</i> (kVA)	: 100
	<i>Rated Voltages</i>	
	- HV (V)	: 20.000
	- LV (V)	: 400
	<i>Rated Current</i>	
	- HV (A)	: 2.887
	- LV (A)	: 144.3
	<i>Insulation Oil</i>	: Mineral
	<i>Type of Cooling</i>	: ONAN
	<i>Voltage Impedance %</i>	: 4
<i>Connection</i>	: Yzn5	
4. Transformator Distribusi 2	Pabrikan	: SINTRA
	<i>Rated Power</i> (kVA)	: 200
	<i>Rated Voltages</i>	
	- HV (V)	: 20.000
	- LV (V)	: 400
	<i>Rated Current</i>	
	- HV (A)	: 4.619
	- LV (A)	: 230.9
	<i>Insulation Oil</i>	: Mineral
	<i>Type of Cooling</i>	: ONAN
<i>Voltage Impedance %</i>	: 4	
5. Cubicle	Pabrikan	: Schneider Electric
	<i>Rated Voltage/Ur</i> (kV)	: 24
	<i>Rated Normal Current/Ir</i> (A)	: 630
	<i>Rated Short-time/Ik</i> (kA)	: 16
	<i>Primary Current Transformer</i> (A)	: 25-50
	<i>Bus rated Current</i> (A)	: 630
6. Circuit Breaker	Pabrikan	: Schneider Electric
	<i>Rated insulation voltage</i> (V)	: 800
	<i>Rated impuls</i> (kV)	: 8
	<i>Rated Current</i>	: 63
	<i>Network type</i>	: AC
	<i>Number of pole</i>	: 4
7. Beban Motor	Pabrikan	: ZENER
	<i>Rated Horsepower</i>	: 100
	<i>Rated Power</i> (kW)	: 75
	<i>Rated Voltages</i> (V)	: 220/440
	<i>Rated Current</i> (A)	: 0,44/ 1,72
	R.P.M	: 1400
	<i>Poles</i>	: 4
	<i>Power Factor</i>	: 0,90
8. Beban Motor	Pabrikan	: AKH
	<i>Rated Horsepower</i>	: 33
	<i>Rated Power</i> (kW)	: 25
	<i>Rated Voltages</i> (V)	: 220/440
	<i>Rated Current</i> (A)	: 0,43/ 1,72
	R.P.M	: 1400
	<i>Poles</i>	: 4
	<i>Power Factor</i>	: 0,90

9. Kabel	Jenis kabel	: AAAC-S
	Diameter	: 70 mm ²
	Panjang kabel	
	- Bus 4	: 1430 m
	- Bus 5	: 1315 m
	- Bus 6	: 1450 m
	- Bus 7	: 130 m
	- Bus 33	: 500 m
	- WB#10	: 250 m
	- SE#3	: 2135 m
	- SE#1	: 2305 m
	- SE#2	: 2670 m
	- WB#1	: 90 m
	- WB#5	: 550 m
	- WB#2	: 940 m
	- WB#3	: 1370 m
- WB#4	: 1660 m	
- WB#9	: 45 m	
- WB#6	: 290 m	
- BS	: 280 m	
10. Beban Statis	Total daya lain pada sistem tenaga listrik.	

Metode Pengumpulan Data

Wawancara

Wawancara dilakukan dengan pihak supervisor juga teknisi electrical PT. Sele Raya Merangin Dua.

Observasi awal dan lanjutan

Kegiatan survei ke lokasi penelitian yang bertujuan untuk mengumpulkan data secara langsung.

Studi Pustaka

Mendapat informasi yang dibutuhkan dengan melihat penelitian yang serupa jika terdapat data-data yang tidak didapatkan pada saat kegiatan wawancara maupun observasi.

Teknik Analisis Data

Hasil simulasi aliran daya menggunakan software ETAP 12. 6 berupa data angka akan ditabulasi dan di grafikkan, dan akan dideskripsikan secara jelas dan padat mengenai aliran daya yang terjadi pada sistem tenaga listrik di PT. Sele Raya Merangin Dua.

HASIL DAN PEMBAHASAN

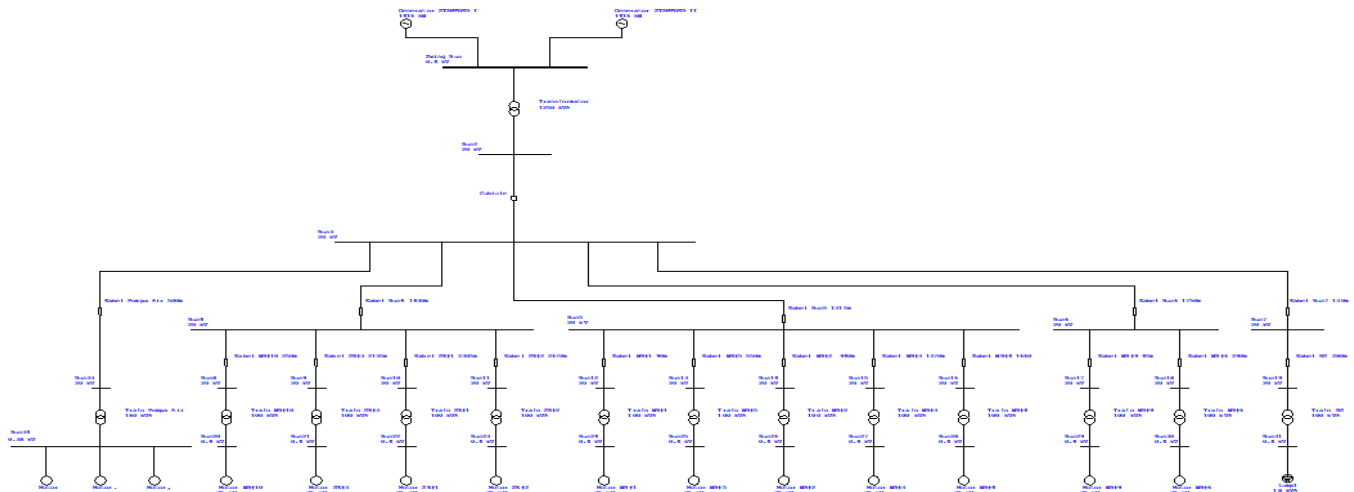
Berikut merupakan hasil simulasi aliran daya menggunakan software ETAP 12.6:

Langkah-langkah menjalankan simulasi aliran daya pada ETAP

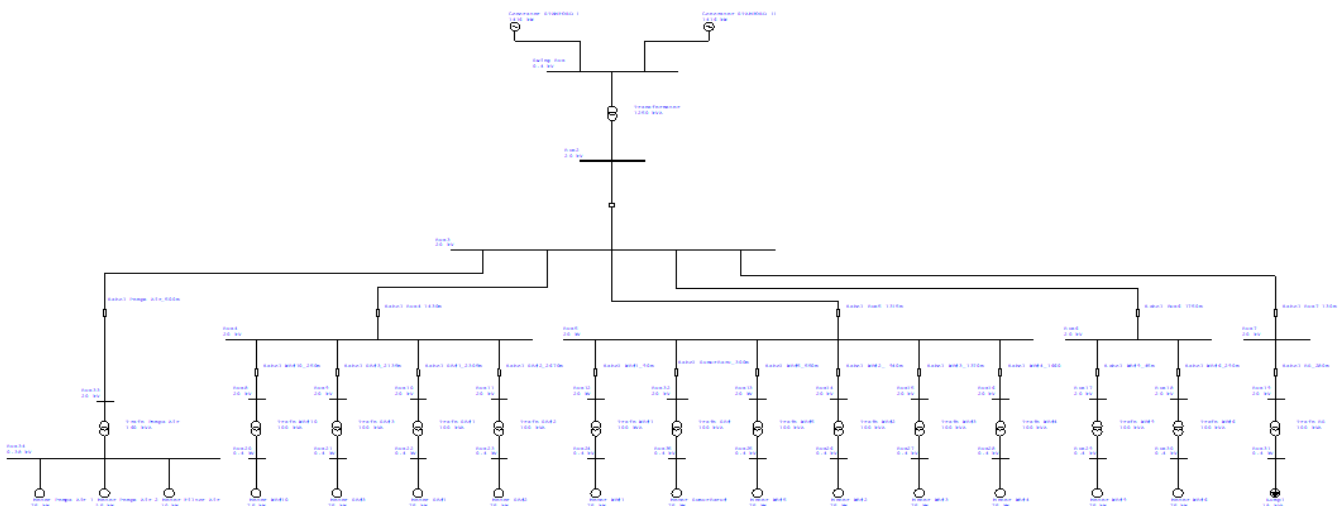
1. Menggambar *single-line* diagram pada lembar kerja ETAP berdasarkan *single-line* sistem tenaga listrik PT. SRMD.
2. Memasukan parameter-parameter setiap komponen yaitu sebagai berikut:
 - a). Generator (rating kW, kV, % P.F, kVA, % Efisiensi, *Poles*, RPM, *impedance*)
 - b). Transformator (rating kV primer dan sekunder, kVA, *type*, *sub type*, *class*, *impedance*)
 - c). *Cubicle* (rating kv, arus, *library*)
 - d). Penghantar atau kabel (*length*, *tolerance*, *library*)
 - e). *Load* motor (rating kw, kva, *library*)
3. Klik toolbar *load flow analysis*.
4. Pilih metode *load flow* dengan cara klik *load flow study case*, disini terdapat beberapa pilihan metode pilih Newton-Raphson.
5. Run load flow dengan cara klik ikon run *load flow* pada *load flow toolbar* pada bagian kanan.
6. Untuk melihat hasil secara komplit klik *report manager* pilih *complete*. Disini terdapat beberapa pilihan format dari hasil aliran daya pilih pdf.

Single Line Diagram

Single line diagram disesuaikan dengan kondisi real sistem kelistrikan PT. Sele Raya Merangin Dua dimana terdapat dua *single line diagram*, pertama pada gambar 19 merupakan *single line diagram* sebelum penambahan beban dan gambar 20 merupakan *single line diagram* setelah adanya penambahan beban.



Gambar 1 Single line diagram Sebelum penambahan beban



Gambar 2 Single line diagram sesudah penambahan beban

Gambar 1 merupakan bentuk *single line diagram* sistem tenaga listrik pada PT. SRMD sebelum penambahan beban. Peralatan sistem tenaga listrik yang digunakan berupa generator, transformator, cubicle, kabel penghantar beban berupa motor induksi dan beban statis. sebelum penambahan beban terdapat 11 lokasi sumur pada masing-masing sumur terdapat motor induksi dan transformator stepdown. tegangan pembangkitan sebesar 400 V dinaikkan menggunakan transformator step-up ke 20 kV setelah sampai pada lokasi sumur tegangan akan diturunkan menggunakan transformator step down ke 380V.

Gambar 2 merupakan bentuk *single line diagram* sistem tenaga listrik pada PT. SRMD sesudah penambahan beban. penambahan beban terjadi pada Bus 5. setelah penambahan beban jumlah sumur menjadi 12. penambahan beban sejenis dengan beban sebelumnya yaitu motor induksi 75Kw.

Tabel 2. Aliran daya sebelum penambahan beban

ID	Aliran Daya Sebelum			% P.F
	kW	kVAR	Arus	
Swing Bus	-	-	-	-
Bus2	1069.05	550.19	1735.4	88.9
Bus3	1053.95	497.33	33.8	90.4
Bus4	332.77	155.35	10.7	90.6
Bus5	415.95	194.18	13.3	90.6
Bus6	166.16	77.60	5.3	90.6
Bus7	15.29	9.54	0.5	84.8
Bus8	82.99	38.78	2.7	90.6
Bus9	83.04	38.80	2.7	90.6
Bus10	83.05	38.80	2.7	90.6
Bus11	83.06	38.80	2.7	90.6
Bus12	82.99	38.78	2.7	90.6
Bus13	83.00	38.78	2.7	90.6
Bus14	83.01	38.79	2.7	90.6
Bus15	83.02	38.79	2.7	90.6
Bus16	83.03	38.79	2.7	90.6
Bus17	82.98	38.77	2.7	90.6
Bus18	82.99	38.77	2.7	90.6
Bus19	15.29	9.54	0.5	84.8
Bus20	82.98	38.78	2.7	90.6
Bus21	82.99	38.78	2.7	90.6
Bus22	82.99	38.78	2.7	90.6
Bus23	82.99	38.78	2.7	90.6
Bus24	82.98	38.78	2.7	90.6
Bus25	82.98	38.78	2.7	90.6
Bus26	82.99	38.78	2.7	90.6
Bus27	82.99	38.78	2.7	90.6
Bus28	82.99	38.78	2.7	90.6
Bus29	82.98	38.77	2.7	90.6
Bus30	82.98	38.77	2.7	90.6
Bus31	15.29	9.54	0.5	84.8
-	-	-	-	-
Bus33	123.76	60.65	4.0	89.8
Bus34	123.73	60.64	4.0	89.8

Tabel 2 memperlihatkan besaran aliran daya aktif, daya reaktif, arus dan power factor pada masing-masing Bus sebelum penambahan beban. Dimana jumlah Bus sebelum adanya penambahan beban berjumlah 33 Bus dengan 3 Bus percabangan, yakni Bus 4, 5 dan 6. Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat untuk aliran daya terbesar diluar Bus percabangan terjadi di Bus 33 ke Bus 34. Pada Bus 33 ke Bus 34 nilai daya aktifnya sebesar 123. 733 kW, daya reaktif 60. 644 kVar dan arus 4. 0 A dengan power factor 89.8 %.

Hal ini disebabkan oleh total beban yang terhubung pada Bus 34 lebih besar dibandingkan dengan Bus lainnya dengan total beban sebesar 110 kW yang membuat kebutuhan daya pada Bus 34 menjadi paling tinggi. Adapun untuk Bus yang aliran dayanya terkecil terjadi di Bus 7 ke Bus 19 ke Bus 31 dengan nilai daya aktif sebesar 15. 298 kW, 15. 298 kW dan 15.297 kW, daya reaktif sebesar 9.54 Kv, arus 0. 5 A dan power factor 84. 8% dengan total beban sebesar 18 kVA. Hal ini disebabkan karena kebutuhan daya pada Bus tersebut paling kecil dibandingkan dengan Bus lainnya dengan total beban yaitu 18 kVA.

Tabel 3. Aliran Daya Sesudah penambahan beban

ID	Aliran Daya Sesudah			
	kW	kVAR	Amp	%PF
Swing Bus	-	-	-	-
Bus2	1155.171	598.327	1877.7	88.8
Bus3	1137.491	536.449	36.6	90.4
Bus4	332.819	155.416	10.7	90.6
Bus5	499.423	233.185	16.0	90.6
Bus6	166.189	77.638	5.3	90.6
Bus7	15.282	9.535	0.5	84.8
Bus8	83.005	38.799	2.7	90.6
Bus9	83.059	38.816	2.7	90.6
Bus10	83.063	38.817	2.7	90.6
Bus11	83.074	38.821	2.7	90.6
Bus12	83.003	38.802	2.7	90.6
Bus13	83.016	38.806	2.7	90.6
Bus14	83.027	38.809	2.7	90.6
Bus15	83.040	38.813	2.7	90.6
Bus16	83.048	38.816	2.7	90.6
Bus17	82.997	38.793	2.7	90.6
Bus18	83.004	38.795	2.7	90.6
Bus19	15.282	9.535	0.5	84.8
Bus20	82.999	38.797	2.7	90.6
Bus21	83.001	38.801	2.7	90.6
Bus22	83.001	38.801	2.7	90.6
Bus23	83.002	38.802	2.7	90.6
Bus24	83.001	38.801	2.7	90.6
Bus25	83.002	38.802	2.7	90.6
Bus26	83.002	38.803	2.7	90.6
Bus27	83.003	38.803	2.7	90.6
Bus28	83.003	38.804	2.7	90.6
Bus29	82.996	38.793	2.7	90.6
Bus30	82.996	38.793	2.7	90.6
Bus31	15.281	9.535	0.5	84.8
Bus32	82.909	38.653	2.7	90.6
Bus33	123.779	60.675	4.0	89.8
Bus34	123.748	60.667	4.0	89.8
Bus35	82.901	38.651	2.7	90.6

Dari Tabel 3 dapat dilihat besaran nilai tegangan, sudut tegangan, aliran daya aktif, daya reaktif, arus dan power factor pada masing-masing Bus sesudah penambahan beban. Dimana jumlah Bus sesudah adanya

penambahan beban berjumlah 35 Bus dengan jumlah Bus percabangan masih sama yakni 3 Bus percabangan, yaitu Bus 4, 5 dan 6. Pada Bus 5 terdapat penambahan beban berupa motor induksi sehingga Bus 5 terjadi peningkatan aliran daya. Untuk Bus yang memiliki aliran daya terbesar pada sistem masih sama dengan sebelum penambahan beban yaitu pada Bus 33 ke 34, dengan daya aktif sebesar 123. 779 kW dan 123. 748 kW. Dengan daya reaktif sebesar 60.675 kVar dan 60. 667 kVar, arus sebesar 4. 0 A dan power factor 89.8%. Adapun untuk Bus yang aliran dayanya terkecil masih sama dengan sebelum penambahan beban yaitu pada Bus 7 ke Bus 19 ke 31 dengan nilai daya aktif sebesar 15. 282 kW, 15. 282 kW dan 15.281 kW, daya reaktif 9.53 kVar arus 0. 5 A dengan power factor 84. 8%.

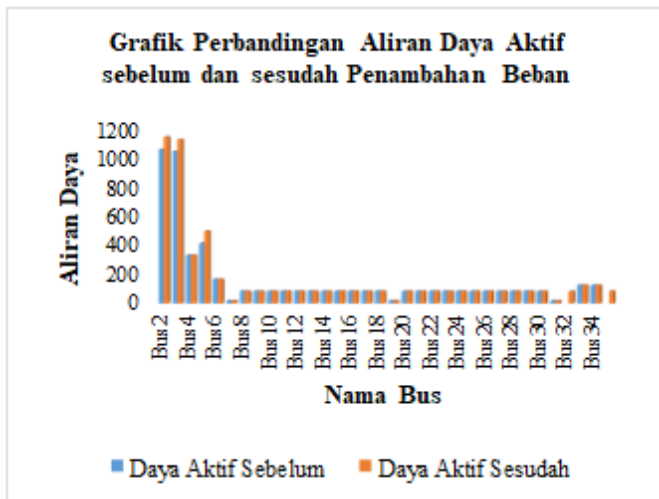
Tabel 4. Rugi-rugi daya

Peralatan/Cabang ID	Rugi-rugi		% Drop Tegangan dalam Mag.
	kW	kVar	
Transformator (Swing Bus – Bus2)	15.10	52.85	0.68
Kabel Bus4 1430m (Bus 3 – Bus 4)	0.61	0.16	0.17
Kabel Bus5 1315m (Bus 3 – Bus 5)	0.88	0.23	0.21
Kabel Bus6 1750m (Bus 3 – Bus 6)	0.19	0.05	0.10
Kabel Bus7 130m (Bus 3 – Bus 7)	0.00	0.00	0.00
Kabel Pompa Air_500m (Bus 3 – Bus 33)	0.03	0.01	0.02
Kabel SE#1_2305m (Bus 4 – Bus 10)	0.06	0.02	0.07
Kabel SE#2_2670m (Bus 4 – Bus 11)	0.07	0.02	0.08
Kabel SE#3_2135m (Bus 4 – Bus 9)	0.06	0.02	0.06
Kabel WB#10_250m (Bus 4 – Bus 8)	0.01	0.00	0.01
Kabel WB#1_90m (Bus 5 – Bus 12)	0.00	0.00	0.00
Kabel WB#2_940m (Bus 5 – Bus 14)	0.03	0.01	0.00
Kabel WB#3_1370m (Bus 5 – Bus 15)	0.04	0.01	0.03
Kabel WB#4_1660 (Bus 5 – Bus 16)	0.04	0.01	0.04
Kabel WB#5_550m (Bus 5 – Bus 13)	0.01	0.00	0.05
Kabel WB#6_290m (Bus 6 – Bus 18)	0.01	0.00	0.02
Kabel WB#9_45m (Bus 6 – Bus 17)	0.00	0.00	0.00
Kabel BS_280m (Bus 7 – Bus 19)	0.00	0.00	0.00
Trafo WB#10 (Bus 8 – Bus 20)	1.89	2.84	0.00
Trafo SE#3 (Bus 9 – Bus 21)	1.89	2.84	0.00
Trafo SE#1 (Bus 10 – Bus 22)	1.89	2.84	0.74
Trafo SE#2 (Bus 11 – Bus 23)	1.89	2.84	1.66
Trafo WB#1 (Bus 12 – Bus 24)	1.89	2.84	0.74
Trafo WB#5 (Bus 13 – Bus 25)	1.89	2.84	0.74
Trafo WB#2 (Bus 14 – Bus 26)	1.89	2.84	0.74
Trafo WB#3 (Bus 15 – Bus 27)	1.89	2.84	0.74
Trafo WB#4 (Bus 16 – Bus 28)	1.89	2.84	0.74
Trafo WB#9 (Bus 17 – Bus 29)	1.89	2.83	0.74
Trafo WB#6 (Bus 18 – Bus 30)	1.89	2.83	0.75
Trafo BS (Bus 19 – Bus 31)	0.07	0.11	0.74
Trafo Pompa Air (Bus 33 – Bus 34)	2.67	4.00	0.74
	40.69	88.71	

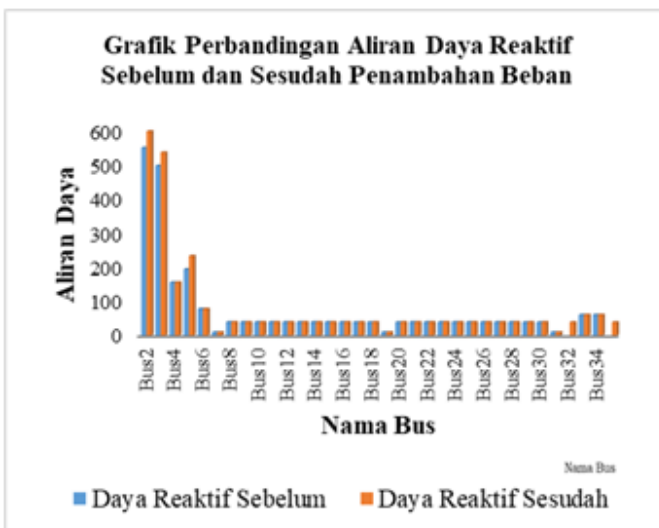
Berdasarkan Tabel 6 dapat dilihat besaran rugi daya pada tiap peralatan dan saluran yang terdapat pada jaringan distribusi tenaga listrik di PT. SRMD. Untuk rugi-rugi daya terbesar terjadi pada peralatan transformator yang berada diantara swing Bus dan Bus 2 sebesar 17. 68 kW. dengan selisih rugi sebelum penambahan beban pada Tabel 6. sebelumnya sebesar 2. 68 kW. Untuk saluran yang tidak mengalami rugi daya dalam satuan kW terjadi pada Bus 3-7 di Kabel Bus 7, Bus 5-12 di Kabel WB#1, Bus 6-17 di Kabel WB#9 dan Bus 7-19 di Kabel BS.

Dengan bertambahnya beban mengakibatkan kenaikan besaran rugi-rugi daya yang terjadi pada sistem. untuk besaran kenaikan selain pada transformator dan pada Kabel Bus 5 1315m (Bus 3 - Bus 5) yang merupakan peralatan pembangkitan dan Bus percabangan, berkisar antara 0, 01 s/d 0, 04 kW.

Gambar 3. Grafik perbandingan daya aktif



Gambar 4. Grafik perbandingan aliran daya reaktif sebelum dan sesudah



Gambar 5. Perbandingan Arus Beban



Tabel 5. Perbandingan Penggunaan Tap transformator

Nama Trafo	Tap Saat ini		% Operasi Bus	Tap Setelah		% Operasi Bus
	P	S		P	S	
Trafo BS	-	-	99. 41	-	-	99. 15
Trafo Pompa Air	-	-2.5	99. 39	-	-2.5	99. 13
Trafo SE#1	-	2.5	99. 18	-	2.5	98. 91
Trafo SE#2	-	2.5	99. 17	-	2.5	98. 90
Trafo SE#3	-	2.5	99. 18	-	2.5	98. 92
Trafo WB#1	-	2.5	99. 22	-	2.5	98. 91
Trafo WB#2	-	2.5	99. 19	-	2.5	98. 89
Trafo WB#3	-	2.5	99. 18	-	2.5	98. 88
Trafo WB#4	-	2.5	99. 17	-	2.5	98. 87
Trafo WB#5	-	2.5	99. 20	-	2.5	98. 90
Trafo WB#6	-	2.5	99. 30	-	2.5	99. 04
Trafo WB#9	-	2.5	99. 31	-	2.5	99. 05
Trafo WB#10	-	2.5	99. 24	-	2.5	98. 97
Transformator	-2.5	2.5	100	-2.5	0	100

Tabel 5 merupakan tabel penggunaan tap transformator baik sebelum adanya penambahan beban dan sesudah penambahan beban. Pada bagian sesudah penambahan beban merupakan pemilihan tap yang tepat pada sistem tenaga listrik di PT. SRMD berdasarkan simulasi dengan rincian % operasi Bus tidak ada yang melebihi tegangan pembangkitan (*overvoltage*). Dengan persen operasi tertinggi terjadi pada trafo BS yaitu 99, 15%. Dan persen operasi terendah terjadi pada trafo WB#4 yaitu 98. 87%. %Operasi Bus disini yaitu %tegangan yang terkirim atau sampai pada titik Bus setelah trafo atau biasa disebut jatuh tegangan (*drop voltage*).

SIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi menggunakan *software* ETAP 12. 6 dengan metode Newton-Rhapson yang telah dilakukan, didapatkan nilai parameter aliran daya berupa: daya aktif, daya reaktif, tegangan, arus dan *power factor* pada masing-masing bus dan rugi-rugi (*losses*) pada saluran. setelah adanya penambahan beban terjadi kenaikan pada nilai parameter aliran daya yang mempengaruhi sistem tenaga. yaitu peningkatan daya pembangkitan dan pada bus percabangan letak beban. berdasarkan simulasi rugi-rugi (*losses*) pada saluran

yang terjadi masih batas normal menurut standar SPLN dibawah 5% yaitu 0,01-3 %. pada tap-transformator sebelum penambahan beban dengan rata-rata persen (%) operasi bus rata-rata berkisar 99. 29%. dan sesudah penambahan berkisar 99. 03%.

Penggunaan metode newton-rhapson pada simulasi aliran daya ini memperlihatkan efisiensi dalam hal kecepatan proses komputasi yaitu dengan hanya 1 (satu) iterasi untuk mencapai konvergen.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Saadat, H., *Power System Analysis*, Ed.3, McGraw-Hill, Inc. (1999).
- [2] Zeggai, A., & Benhamida, F. *Power flow and Short circuit of 220 kV Substation using ETAP*. Proceedings of Algerian Large Electrical Network Conference, CAGRE. (2019).
- [3] A. Y. Dewi, A. Effendi and F. M. Syafar, "Analisis Terjadinya Arus Netral Pada Trafo Distribusi 160 kVA," *Journal of Electrical Power Control and Automation*, pp. 1-5, 2021.
- [4] Sulasno. *Analisis Sistem Tenaga Listrik*, Semarang: Satya Wacana. (1993).
- [5] Fikri, M., & Anggaini, D. Metode Newton Raphson Untuk Analisis Aliran Daya Jaringan. *Jurnal Ilmiah SUTET*. (2018).
- [6] J. Duncan Glover, Mulukutla S. Sarma, T. J. O. *Power System Analysis and Design* (S. Meherishi (ed.); 5th ed.). Global Engineering. (2012).