



Analisa Sensitivitas Pada Pengoptimalan Powerflow Untuk Menentukan Pengaruh Variasi Beban Terhadap Stabilitas Sistem

Alfian T Bagus S, Misbahul Munir*, Wahyu Setyo Pambudi

Fakultas Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, Program Studi Teknik Elektro, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Surabaya, Indonesia

Email: ¹alfian21bagus@gmail.com, ^{2,*}munir@itats.ac.id, ³wahyusp@itats.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

Histori Artikel:

Submitted : Jan 23, 2024

Accepted : Nov 30, 2024

Published : Nov 30, 2024

KORESPONDENSI

Email: munir@itats.ac.id

A B S T R A K

Sistem tenaga listrik memiliki persyaratan yaitu keandalan yang wajib di penuhi guna memberikan pelayanan yang baik dan stabil. Setiap area mempunyai karakteristik beban yang beraneka macam lantaran bersangkutan dengan pola pemakaian energi setiap pengguna di wilayah tersebut. Solusi dalam hal ini adalah dengan mengoptimalkan powerflow dalam sistem interkoneksi untuk meningkatkan keandalan, kualitas, dan stabilitas sistem. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh variasi beban terhadap stabilitas sistem. Hasil penelitian ini berdasarkan simulasi yang dilakukan menunjukkan bahwa powerflow pada bus 1 dan bus 2 yang langsung terhubung dengan pembangkit menunjukkan keseimbangan yang stabil, dengan daya aktif sebesar 144 kW dan daya reaktif 102 kVAr pada bus 1, serta daya aktif 54 kW dan daya reaktif 54 kVAr pada bus 2. Perbandingan daya aktif ketika konstanta motor 100% - 0% static, dimana pada load 1 merupakan nilai tertinggi pada motor load mencapai 37,12 kW. perbandingan daya reaktif pada motor dengan konstanta 80% - 20% untuk konstanta static. Dimana nilai tertinggi yang mampu dihasilkan adalah pada load 6 sebesar 19,2 kVAr. Dengan demikian simulasi dapat digunakan untuk menganalisa sensitivitas pada pengoptimalan powerflow dalam sistem tenaga listrik dan mampu digunakan sebagai acuan untuk penelitian yang akan mendatang.

Kata Kunci: Sistem Tenaga Listrik; Powerflow; Stabilitas Sistem; Variasi Beban; ETAP

A B S T R A C T

The electrical power system requires reliability to provide good and stable services. Each area has a variety of load characteristics related to the energy patterns of users in that region. As the solution, optimizing power flow in the interconnected system is necessary to improve reliability, quality, and system stability. This study aims to determine the impact of load variations on system stability. The simulation results indicated that the power flow at bus 1 and bus 2, directly connected to the generator, got stable balance. Specifically, bus 1 had an active power of 144 kW and a reactive power of 102 kVAr, while bus 2 had an active power of 54 kW and a reactive power of 54 kVAr. The comparison of active power with the motor constant of 100%-0% static showed that the highest value at load 1 reached 37.12 kW. Similarly, the comparison of reactive power with a motor constant of 80%–20% for the static constant showed that the highest value, achieved at load 6, was 19.2 kVAr. Thus, the simulation is beneficial to analyze the sensitivity in optimizing power flow within the electrical power system and can serve as a reference for future research.

Keywords: Electrical Power System; Power Flow; System Stability; Load Variations; ETAP

1. PENDAHULUAN

Listrik merupakan kebutuhan mendasar dalam masyarakat modern, menjadikan keandalan dan stabilitas sistem tenaga listrik sangat penting untuk mendukung distribusi tegangan yang efisien dan handal [1]. Namun, tantangan dalam menjaga stabilitas sistem seringkali muncul akibat variasi beban yang terus berubah, seperti beban rendah, beban puncak siang, dan beban puncak malam, yang memiliki karakteristik operasional berbeda [2]. Untuk menghadapi tantangan ini, Optimasi Power Flow (OPF) menjadi solusi kunci dalam meningkatkan efisiensi aliran daya, menurunkan rugi-rugi jaringan, serta memperbaiki stabilitas dan keandalan sistem tenaga listrik[3].

Penelitian ini berfokus pada analisis sensitivitas OPF terhadap variasi beban, termasuk pengaruhnya terhadap stabilitas sistem. Dengan menggunakan perangkat lunak simulasi seperti ETAP, tujuan utama penelitian ini adalah

mengidentifikasi nilai optimal aliran daya, menganalisis distribusi daya aktif dan reaktif, serta mengevaluasi stabilitas sistem dalam berbagai kondisi beban. Penelitian sebelumnya memberikan landasan teoritis yang relevan. Misalnya, Mashudi et al. [1] menunjukkan pentingnya evaluasi profil tegangan pada distribusi 20 kV dengan mempertimbangkan variasi beban [3] [4]. mengungkapkan manfaat OPF dalam mengurangi rugi-rugi daya sebesar 1,1 MW dengan efisiensi jaringan mencapai 23,4%. Studi lainnya oleh Putri et al. [5] menegaskan peran OPF dalam mengurangi selisih rugi-rugi jaringan sekaligus menurunkan biaya pembangkitan.

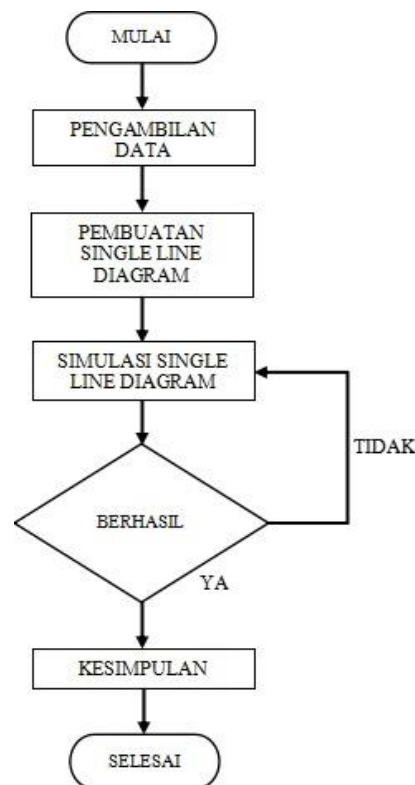
Selain itu, penelitian mengenai stabilitas transien yang dilakukan oleh Sari et al. [2] menggarisbawahi efektivitas kombinasi AVR, pengontrol, dan PSS dalam meningkatkan stabilitas sistem energi selama gangguan. Herawati et al. [6] juga menyoroti pentingnya analisis pelepasan beban pada jaringan listrik, seperti yang dilakukan pada sistem di Bengkulu dengan tambahan pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). Sementara itu, penelitian Laksono dan Abidin [7] menyajikan pendekatan berbasis ETAP untuk menganalisis kestabilan sistem multi-mesin, memberikan wawasan penting tentang perlunya pengelolaan keseimbangan beban guna menghindari gangguan frekuensi yang berpotensi merusak [8].

Penelitian Adil [9] menyoroti usaha perbaikan profil tegangan dan pengurangan rugi-rugi daya melalui optimasi jaringan distribusi. Penelitian oleh Romiandi et al. [10] menunjukkan pendekatan Reliability Network Equivalent Approach (RNEA) yang digunakan dalam sistem distribusi, yang dapat meningkatkan reliabilitas jaringan kelistrikan [11] [12]. Semua penelitian ini memberikan dasar yang kuat untuk mendukung pentingnya pengelolaan optimal sistem tenaga listrik. Secara keseluruhan, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis data secara komprehensif tentang sensitivitas OPF terhadap variasi beban yang berfokus pada optimalisasi daya, perbaikan stabilitas sistem, dan pengurangan rugi-rugi daya guna meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem kelistrikan secara menyeluruh [13] [14].

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Langkah – langkah yang diperlukan guna mencapai tujuan penelitian mampu ditunjukkan pada diagram alir seperti gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir

Gambar1 diagram alir ini menunjukkan proses simulasi menggunakan single line diagram. Proses diawali dengan persiapan dan pengumpulan data yang relevan, seperti parameter sistem dan spesifikasi teknis. Pengambilan Data tersebut digunakan untuk menyusun single line diagram, yang kemudian disimulasikan untuk menguji kehandalannya. Jika simulasi belum berhasil, diagram diperbaiki dan diuji ulang. Proses ini diulang hingga hasil yang diinginkan tercapai, memastikan solusi yang optimal.

2.2 Data Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Jenis jenis database

Sumber	Daya keluaran (kW)	Daya Kompleks (kVA)	Daya Reaktif (kVAr)
Power Grid 1	144	150	102
Power Grid 2	52	150	26

Tabel 1 merupakan data sistem yang dimana terdapat dua power grid. Data tersebut mencakup daya output (berupa kW), data kompleks, dan juga daya reaktif.

Tabel 2. Data Transformator

Nama	Kapasitas	Input	Output	Impedansi	
	MVA	kV	kV	%Z	X/R
T1	50	150	20	9,5	29,5
T2	40	150	20	20	27,3
T3	30	11,547	0,24	2,4	1,54
T4	30	11,547	0,24	2,4	1,54
T5	30	11,547	0,24	2,4	1,54
T6	20	11,547	0,24	2,3	1
T7	20	11,547	0,24	2,3	1
T8	20	11,547	0,24	2,3	1
T9	20	11,547	0,24	2,3	1

Pada Tabel 2 merupakan data transformator yang digunakan untuk menurunkan suatu tegangan, dimana tranformator yang digunakan berjumlah 9 buah yang tersebar diberbagai macam tempat. Bisa dilihat dari tabel 2 di atas kapasitas tiap trafo berbeda-beda, sedangkan untuk daya yang diterima dari power grid menuju trafo 1 dan 2 berbeda dengan trafo 3 sampai 9. Output trafo juga berbeda-beda, mulai dari trafo 1 dan 2 lalu trafo 3 sampai 9.

Tabel 3. Data kabel berisolasi karet (*rubber*)

Kabel	Saluran Bus	Sumber	Frek.	Tegangan (kV)	Panjang (ft)
1	3 - 5	NEC	60	1	100
2	4 - 6	NEC	60	1	100
3	5 - 6	ICEA	50	0,6	100
4	5 - 7	ICEA	50	0,6	100
5	7 - 8	ICEA	50	0,6	100
6	7 - 10	ICEA	50	0,6	100
7	7 - 12	ICEA	50	0,6	100
8	6 - 14	ICEA	50	0,6	100
9	6 - 16	ICEA	50	0,6	100
10	6 - 18	ICEA	50	0,6	100

Pada Tabel 2 berikut ini merupakan data kabel yang digunakan untuk penyaluran daya mulai dari bus 3-5 hingga bus 6-18. Untuk simulasi ini terdapat 2 tipe kabel yang digunakan yaitu NEC dan ICEA, dari setiap bus terdapat kabel yang digunakan untuk penyaluran mulai dari bus 3 – 5 hingga bus 6 – 18.

Tabel 4. Data beban single line diagram

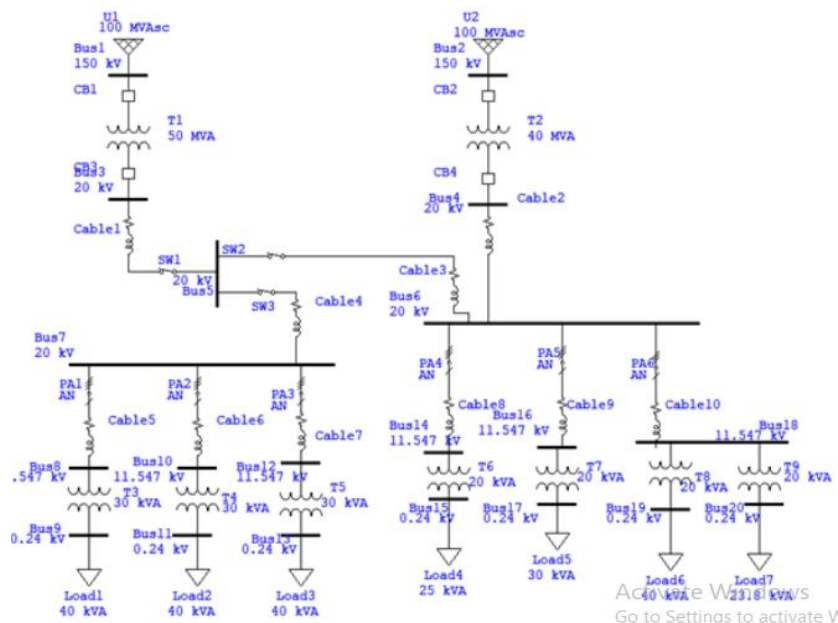
Nama	Tegangan	Kapasitas	Daya Aktif	Daya Reaktif	%PF
	kV	Kva	kW	kVAr	
Load 1	0,24	40	37,12	14,9	92,8
Load 2	0,24	40	33,72	21,5	84,3
Load 3	0,24	40	36,04	13,33	90,12
Load 4	0,24	25	19,75	15,3	79
Load 5	0,24	30	25,2	16,2	84
Load 6	0,24	30	32	24	80
Load 7	0,24	23,8	14,04	19,2	59

Tabel 4, merupakan beban pada tiap area yang mencakup tegangan, kapasitas, daya aktif, daya reaktif serta %PF. Disini beban yang digunakan berjumlah 7 dimana setiap beban memiliki perbedaan mulai dari kapasitas hingga %PF. Untuk kapasitas paling tinggi berkisar 40 kVA yang terdapat pada load 1, load 2, serta load 3. Sedangkan untuk load terkecil berada pada load 7 dengan kapasitas 23,8 kVA.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

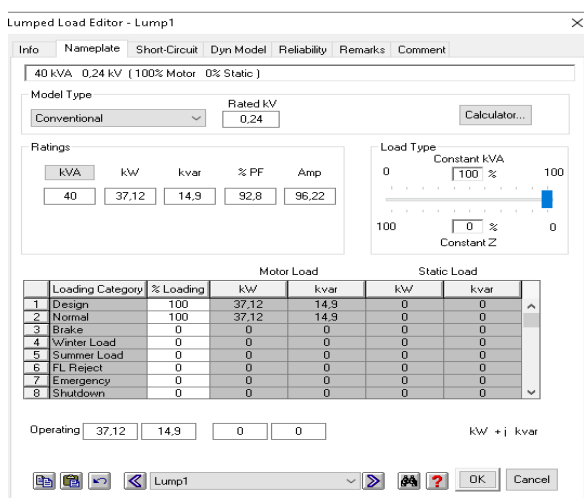
Simulasi single Line Diagram pada sistem 20 bus dalam pengaplikasian software ETAP Powerstation 12.6 seperti Gambar 2. Untuk single line diagram yang sudah disimulasikan pada aplikasi ETAP bisa dilihat pada gambar 2[15].

Nilai – nilai yang di tampilkan pada gambar di atas merupakan inputan data yang telah dimasukkan kedalam setiap komponen. Mulai dari power grid, bus, Circuit breaker, Transformator, Kabel, Switch serta static load. Data pada setiap komponen sudah di cantumkan kedalam table 1 hingga 4.



Gambar 2. Simulasi single line Diagram

Untuk hasil simulasi yang telah dilakukan tidak menampilkan warna merah pada setiap bagian komponen yang ada. Kondisi tersebut menandakan bahwa percobaan berdasarkan komponen dinyatakan berhasil serta tidak mengalami kondisi kritis guna mewajibkan dilakukan pertimbangan pada komponen sehingga mampu disebutkan apabila sistem tenaga listrik yang di simulasikan pada situasi aman[16].



Gambar 3. Contoh nilai lump load pada bus 1

Pada Gambar 3 merupakan contoh beban pada bus 1 yang akan diubah dan beban tersebut merujuk pada persentase konstant kVA serta konstant Z.

3.1 Hasil Penelitian

Pada Tabel 5 merupakan data beban yang diubah adalah konstant kVar sebesar 100% - 0% konstant Z. Untuk beban yang diubah yaitu motor load dan static, dimana terdapat kW dan kVar dalam load 1 hingga load 7. Dalam perubahan pada konstant tersebut tidak terdapat adanya perubahan yang signifikan.

Tabel 5. Data beban yang akan ubah konstant kVA 100% - 0% konstant Z

Nama	Motor Load		Static Load	
	Daya Aktif kW	Daya Reaktif kVar	Daya Aktif kW	Daya Reaktif kVar
Load 1	37,12	14,9	0	0
Load 2	33,72	21,5	0	0
Load 3	36,04	13,33	0	0

Nama	Motor Load		Static Load	
	Daya Aktif kW	Daya Reaktif kVAr	Daya Aktif kW	Daya Reaktif kVAr
Load 4	19,75	15,3	0	0
Load 5	25,2	16,2	0	0
Load 6	32	24	0	0
Load 7	14,04	19,2	0	0

3.2 Pembahasan Hasil Penelitian

Tabel 6 menjelaskan alert summery report yang menyatakan bahwa pada setiap komponen yang ada mampu mencapai kondisi rata-rata dan tidak kurang dari batas marginal. Ketika dilakukan perubahan beban sistem mampu menjaga kondisi tetap stabil dan tidak mengalami kondisi critical.

Tabel 6. Hasil alert summery report

Loading	%Alert setting	
	Critical	Marginal
Bus	100.0	95.0
Cable	100.0	95.0
Reactor	100.0	95.0
Line	100.0	95.0
Transformer	100.0	95.0
Panel	100.0	95.0
Protective device	100.0	95.0
Generator	100.0	95.0
Inverter / charger	100.0	95.0
Bus Voltage		
Over Voltage	105.0	102.0
Under Voltage		98.0
Generator Excitation		
Over Excited (Q Max)	100.0	95.0
Under Excited (Q Min)	100.0	

Selanjutnya pengujian yang dilakukan menggunakan beban kVA 80% - 20% konstant Z seperti yang ditampilkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Data beban yang akan ubah konstant kVA 80% - 20% konstant Z

Nama	Motor Load		Static Load	
	Daya Aktif kW	Daya Reaktif kVAr	Daya Aktif kW	Daya Reaktif kVAr
Load 1	29,7	11,92	7,42	2,98
Load 2	26,98	17,21	6,74	4,3
Load 3	28,84	13,87	7,21	3,47
Load 4	15,8	12,24	3,95	3,06
Load 5	20,13	13	5,03	3,25
Load 6	25,6	19,2	6,4	4,8
Load 7	11,23	15,36	2,81	3,84

Dalam hal ini kondisi beban motor pada load 1 mengalami penurunan daya aktif 25% yang bermula dari 37,12 menjadi 29,7, untuk beban static mengalami kenaikan daya aktif sebesar 20% yaitu 7,42. Sedangkan untuk motor load pada daya Reaktif juga mengalami penurunan sebesar 25% yang semula 14,9 menjadi 11,92, untuk beban static pada Daya Reaktif mengalami kenaikan sebesar 20% yaitu 2,98. Begitu pula beban motor pada daya Aktif dan Daya Reaktif 2 sampai 7 sama-sama mengalami penurunan berkisar 25%, namun pada beban static pada Daya Aktif dan Daya Reaktif mengalami kenaikan sekitar 20%. Tabel 8 merupakan hasil tersebut[17][14].

Tabel 8. Hasil alert summary report

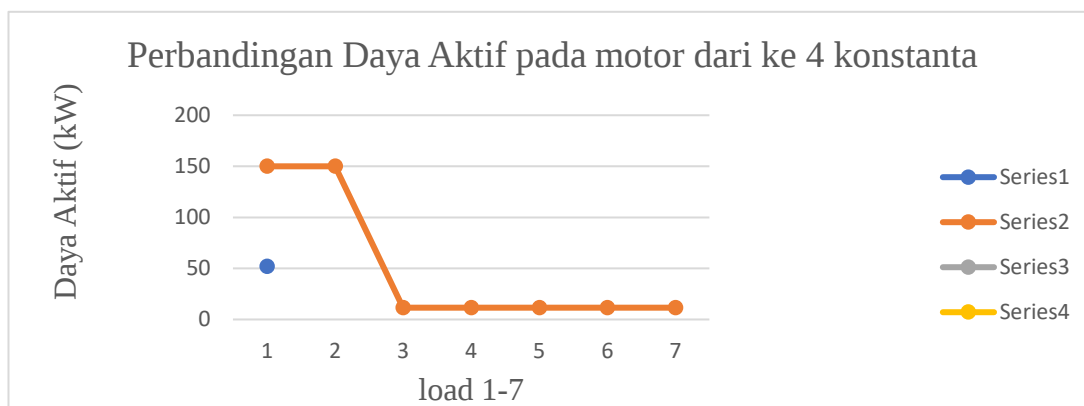
Loading	%Alert setting	
	Critical	Marginal
Bus	100.0	95.0
Cable	100.0	95.0
Reactor	100.0	95.0
Line	100.0	95.0
Transformer	100.0	95.0
Panel	100.0	95.0
Protective device	100.0	95.0

Loading	%Alert setting	
	Critical	Marginal
Generator	100.0	95.0
Inverter / charger	100.0	95.0
Bus Voltage		
Over Voltage	105.0	102.0
Under Voltage		98.0
Generator Excitation		
Over Excited (Q Max)	100.0	95.0
Under Excited (Q Min)	100.0	

Dalam Tabel 8 menampilkan hasil peringatan pengujian pada beban constant kVA 80% - 20% constant kVA, bahwa tidak terjadi kondisi critical pada setiap komponen, dan masih diatas batas margin. Kondisi tersebut menandakan sistem bisa dikatakan stabil dan tidak memerlukan adanya evaluasi.

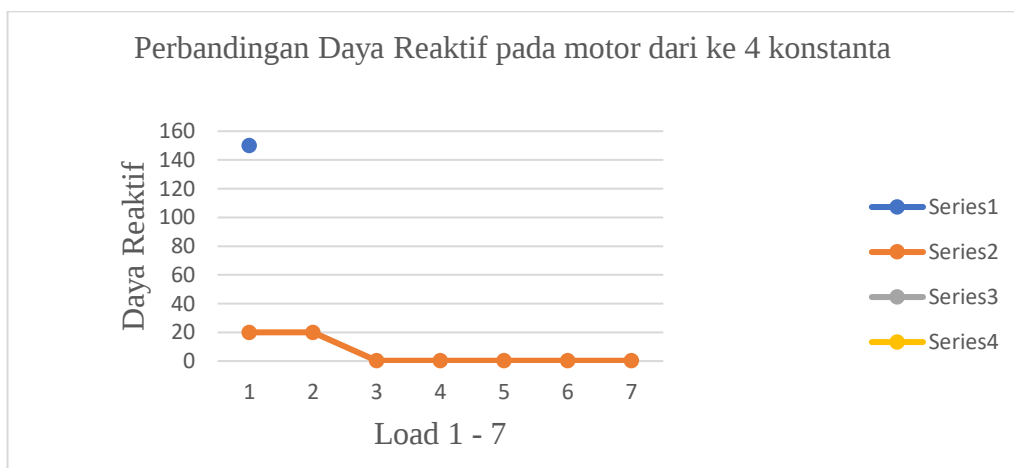
3.3 Perbandingan Hasil Pengujian

Gambar 4 menyajikan grafik perbandingan daya aktif yang dihasilkan oleh motor-motor pada berbagai tingkat beban (load), dengan konstanta motor yang bervariasi mulai dari 100% hingga 0% dalam kondisi statis. Grafik ini memberikan gambaran yang komprehensif mengenai perubahan daya aktif yang terjadi saat konstanta motor mengalami penurunan secara bertahap. Dari grafik tersebut, dapat diamati bahwa load 1 mencatat nilai daya aktif tertinggi, yaitu sebesar 37,12 kW. Sebaliknya, nilai daya aktif terendah ditemukan pada load 7, dengan besar daya aktif hanya mencapai 14,04 kW[18][19].



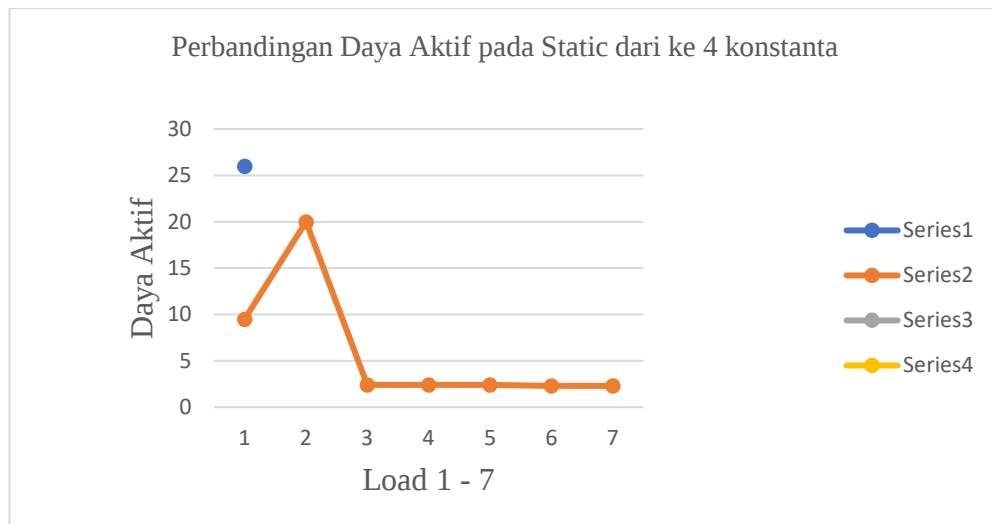
Gambar 4. Grafik Perbandingan Daya Aktif Motor Load pada Keempat Konstanta

Penurunan nilai daya aktif dari load 1 hingga load 7 menunjukkan bahwa beban yang lebih ringan cenderung menghasilkan daya aktif yang lebih rendah, meskipun dipengaruhi oleh konstanta motor yang sama. Kondisi ini mengindikasikan adanya hubungan langsung antara daya aktif, konstanta motor, dan karakteristik beban yang dihadapi. Dalam kondisi statis, grafik ini juga menyoroti variasi daya aktif yang cukup signifikan, yang mencerminkan efisiensi motor yang bervariasi sesuai dengan tingkat beban[20].



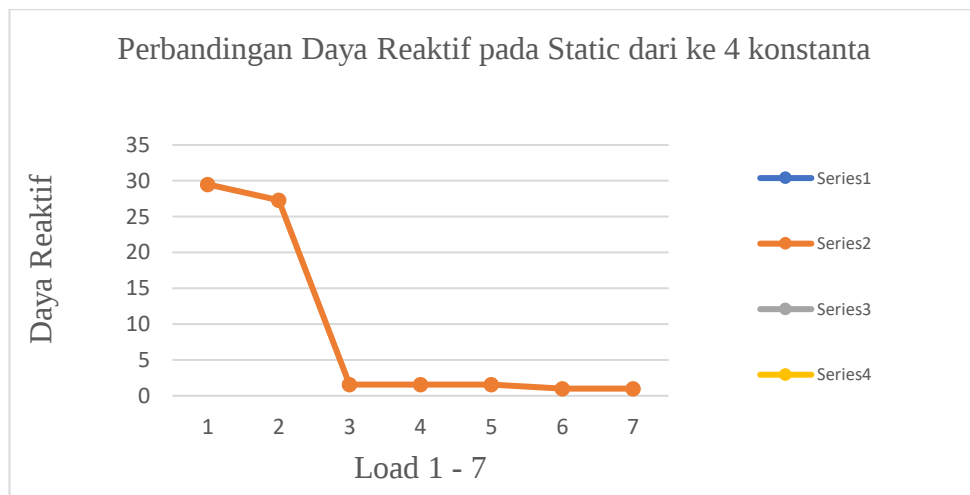
Gambar 5. Grafik Perbandingan Daya Reaktif Motor Load pada Keempat Konstanta

Gambar 5 memperlihatkan perbandingan daya reaktif motor load ketika konstanta motor berada pada rentang 80% hingga 20% dalam kondisi statis. Nilai daya reaktif tertinggi tercatat pada load 6, yaitu sebesar 19,2 kVAR, sedangkan nilai terendah terjadi pada load 1 dengan daya reaktif sebesar 11,92 kVAR. Grafik ini menunjukkan distribusi daya reaktif motor berdasarkan variasi konstanta motor.



Gambar 6. Grafik Perbandingan Daya Aktif Static Load pada Keempat Konstanta

Pada Gambar 6, grafik perbandingan daya aktif dengan konstanta motor 20% hingga 80% dalam kondisi statis ditampilkan. Nilai tertinggi tercatat pada load 1 sebesar 29,7 kW, sedangkan nilai terendah terdapat pada load 7 sebesar 11,23 kW. Grafik ini memberikan informasi bagaimana daya aktif statis berubah dengan variasi konstanta motor.



Gambar 7. Grafik Perbandingan Daya Reaktif Static Load pada Keempat Konstanta

Gambar 7 menyajikan grafik perbandingan daya reaktif pada load statis dengan konstanta motor 0% hingga 100% dalam kondisi statis. Load 6 mencatat nilai tertinggi sebesar 26 kVAr, sedangkan load 1 mencatat nilai daya reaktif terendah sebesar 14,9 kVAr. Grafik ini mengilustrasikan bagaimana daya reaktif bervariasi sesuai dengan perubahan konstanta motor pada kondisi statis.

4. KESIMPULAN

Aliran daya pada sistem tenaga menunjukkan performa yang stabil dan efisien, dengan bus 1 mencatat daya aktif sebesar 144 kW dan daya reaktif 102 kVAr, sedangkan bus 2 memiliki daya aktif sebesar 54 kW dan daya reaktif 54 kVAr. Sistem beroperasi pada tegangan nominal 150 kV, dengan generator menghasilkan daya aktif sebesar 0,271 MW tanpa adanya kerugian daya pada saluran transmisi, mengindikasikan efisiensi yang sangat tinggi. Simulasi menunjukkan bahwa perubahan beban dari 100% hingga 0% tidak menyebabkan komponen kritis memasuki kondisi bahaya, sebagaimana ditunjukkan oleh absennya indikator merah dalam pengamatan. Bahkan, pada rentang beban 80% hingga 20%, semua parameter sistem tetap berada dalam batas toleransi operasional. Analisis aliran daya mencakup studi terhadap daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) yang mengalir dari pembangkit ke beban, dengan pengaruh signifikan dari faktor-faktor seperti besar beban, impedansi komponen, dan luas penampang saluran transmisi. Meskipun bus yang terhubung ke saluran transmisi mengalami beban sementara akibat distribusi tegangan, stabilitas sistem tetap terjaga secara keseluruhan. Hasil dari penelitian menggarisbawahi keandalan desain sistem dalam mendukung operasi yang aman, efisien, dan sesuai dengan standar teknis.

REFERENCES

- [1] M. I. Mashudi, A. U. Krismanto, and N. P. Agustini, "Analisa Pengaruh Variasi Beban Terhadap Profil Tegangan Pada Feeder GI Polehan Distribusi 20 kV PLN Kota Malang," *Anal. Pengaruh Variasi Beban Terhadap Profil Tegangan Pada*

- Feed. GI Polehan Distrib. 20 kV PLN Kota Malang*, pp. 1–11, 2020.
- [2] K. Transien, “Stabilitas Transien Pada Generator Kapasitas 315 Mw Akibat Variasi Beban,” 2021.
- [3] A. M. Ilyas, A. Suyuti, I. C. Gunadin, and A. Siswanto, “Optimal Power Flow the Sulselrabar 150 KV system before and after the penetration of wind power plants considering power loss and generation costs,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 850, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/850/1/012030.
- [4] A. Nizar, “ANALISIS RUGI DAYA MENGGUNAKAN ETAP PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20KV PENYULANG BAGONG,” *J. Tek. Elektro*, vol. 10, pp. 195–202, 2021, doi: <https://doi.org/10.26740/jte.v10n1.p195-201>.
- [5] S. T. Listrik, “Penggunaan Metode Optimalisasi Power Flow (OPF) Dalam Optimalisasi Daya Pada Sistem Tenaga Listrik,” vol. 1, pp. 1–11, 2022, doi: <https://doi.org/10.51510/trekritel.v2i1.408>.
- [6] A. Herawati, R. Apriliani, I. Priyadi, I. N. Anggraini, Y. Rodiah, and N. T. Putri, “Analisis Pelepasan Beban Sistem Jaringan Bengkulu dengan Penambahan PLTU Teluk Sepang 2x100 MW,” *J. Amplif. J. Ilm. Bid. Tek. ELEKTRO DAN Komput.*, vol. 13, no. 1, pp. 18–24, 2023, doi: <https://doi.org/10.33369/jamplifier.v13i1.27361>.
- [7] A. B. Laksono and Z. Abidin, “Analisis Aliran Daya dan Stabilitas Sistem Tenaga Listrik Sistem Multi Mesin dengan ETAP,” *JE-Unisla*, vol. 5, no. 1, pp. 297–302, 2020, doi: <https://doi.org/10.30736/je.v5i1.423>.
- [8] U. Faruq, A. Ridho, M. Vrayulis, and E. Julio, “Analisa Aliran Daya pada Sistem Tenaga Listrik menggunakan ETAP 12.6,” *SainETIn (Jurnal Sain, Energi, Teknol. Ind.)*, vol. 6, no. 1, pp. 16–22, 2021, doi: 10.31849/sainetin.v6i1.7031.
- [9] A. Yasirwan, “Analisa Aliran Daya terhadap Pertumbuhan Beban Tahunan dan Usaha Perbaikan ProfilTegangan dan Rugi-rugi Daya pada Penyulang Lintau Gardu Induk Salak,” Universitas Andalas, 2023.
- [10] ROMIANDI, M. Iqbal Arsyad, and B. Sirait, “Analisa Keandalan Sistem Jaringan Distribusi 20 Kv Di Pt. Pln (Persero) Area Singkawang Dengan Metode Reliability Network Equivalent Approach (Rnea),” *J. Tek. Elektro Univ. Tanjungpura*, vol. 2, no. 1, pp. 1–12, 2020, doi: <https://doi.org/10.26418/j3eit.v8i2.42008>.
- [11] M. Irsyam, M. Algusri, and L. P. Marpaung, “Analisa Rugi-Rugi Daya (Losses Power) Pada Jaringan Tegangan Rendah PT. Musimas Batam,” *Sigma Tek.*, vol. 6, no. 1, pp. 109–116, 2023, doi: 10.33373/sigmateknika.v6i1.5117.
- [12] E. Putra *et al.*, “Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20 kV Menggunakan Metode Section Technique dan RIA-Section Technique Pada Sistem Distribusi PT . PLN UP3 Surabaya Utara,” *Pros. Semin. Nas. Sains dan Teknol. Terap.*, 2022.
- [13] M. Rais, B. Bustamin, and M. A. Hadi Sirad, “Optimal Power Flow For Non-Smooth Cost Function Using Particle Swarm Optimization On 150 Kv System,” *PROtek J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 10, no. 1, p. 8, 2023, doi: 10.33387/protek.v10i1.4709.
- [14] F. F. Kamil, Z. Muslimin, and I. C. Gunadin, “Analisis Kestabilan Frekuensi Pada Sistem Sulbagsel Dengan Integrasi PLTA Bakaru II,” *J. Eksitasi ...*, vol. 2, no. 1, p. 146, 2023.
- [15] A. Hasibuan, M. Isa, M. I. Yusoff, and S. R. A. Rahim, “Analisa Aliran Daya Pada Sistem Tenaga Listrik Dengan Metode Fast Decoupled Menggunakan Software Etap,” *RELE (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro*, vol. 3, no. 1, pp. 37–45, 2020, doi: 10.30596/rele.v3i1.5236.
- [16] T. S. Aang Fras Setiawan, “Studi Keandalan Sistem Distribusi 20 Kv Di Pt. Pln (Persero) Upj Jombang Menggunakan Metode Fai Lure Mode Effect Analysi S (Fmea),” *Cyclotron*, vol. 06, no. 3, 2020, doi: <https://doi.org/10.30651/cl.v3i1.4304>.
- [17] Z. Haidar, A. Waqar, N. M. Adamali Shah, and K. Al-Mutib, “Optimal power flow using distributed generation and conservation voltage reduction techniques for micro-grids,” *2018 Int. Conf. Emerg. Trends Innov. Eng. Technol. Res. ICETIETR 2018*, pp. 1–6, 2018, doi: 10.1109/ICETIETR.2018.8529139.
- [18] R. Ricky and J. Windarta, “Analisis Komparasi Perhitungan Teori dan Aktual Terhadap Daya Aktif dan Daya Reaktif Steam Turbine Generator 2.0 Pada PT Indonesia Power Semarang,” *J. Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 1, no. 1, pp. 8–19, 2020, doi: 10.14710/jebt.2020.8133.
- [19] A. T. Maliky and S. I. Haryudo, “Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20kv Pada Penyulang Pejangkungan Di PT PLN Pasuruan Menggunakan Metode RIA (Reliability Index Assesment),” *J. Tek. Elektro*, vol. 9, no. 01, pp. 835–843, 2020, doi: <https://doi.org/10.26740/jte.v9n1.p%25p>.
- [20] K. M. Pangloli, S. Thaha, and H. A. Gaffar, “Analisis Aliran Daya Menggunakan Metode Fast Decoupled Pada Sisi Tegangan 6.3 KV PT. Semen Tonasa V,” *Anal. Aliran Daya Menggunakan Metod. Fast Decoupled Pada Sisi Tegangan 6.3 KV PT. Semen Tonasa V*, pp. 8–14, 2020.