

Analisa Aliran Daya Dan Kurva Kapabilitas Multi Generator Pada Sistem Interkoneksi Jayapura

Tania D. M. Selmuri¹, Theresia Wuri O.², Moh. Arie Reza³, Yosef Lefaan⁴, Afner S. Sinaga⁵, Suparno⁶

Program Studi Teknik Elektro Universitas Cenderawasih Jayapura-Papua

Email: taniaselmuri.ts@gmail.com, theresiawuri@gmail.com, Mohammad.arie.reza80@gmail.com,
yose.flefaan@yahoo.com, suparnonoks@gmail.com

Abstrak

Sistem kelistrikan kompleks dan luas diperlukan suatu sistem interkoneksi dari pembangkitan dalam mensuplai daya ke beban. Besar perubahan daya pada generator harus selalu dijaga agar masih dalam batas ambang kemampuan operasi generator. Batas ambang kemampuan operasi generator dinyatakan dalam kurva kapabilitas generator. Pada penelitian ini bertujuan untuk menampilkan kurva kapabilitas generator dari titik operasi kerja pembebanan multi generator dan menampilkan nilai kestabilan dinamik.

Penelitian ini bertempat di Gardu Induk Skyline dengan waktu penelitian mulai dari Maret 2022 sampai dengan September 2022. Bahan penelitian berupa single line diagram, data impedansi, reaktansi, resistansi dan data panjang saluran. Pada penelitian ini untuk menampilkan kurva kapabilitas generator digunakan software MATLAB untuk menjalankan simulasi tersebut.

Berdasarkan pembahasan dan kesimpulan dari hasil Analisa kurva kapabilitas generator pada sistem interkoneksi Jayapura 70 kV, yang terdiri dari 4 bus dengan 2 bus generator dan 2 bus beban. Dimana Pembangkit yang pertama yaitu PLTA ORYA dengan kapasitas 2x10 MW, dan PLTU Holtekamp dengan kapasitas 134 MW. Dari hasil simulasi monitoring yang telah dilakukan dapat dikatakan bahwa generator pada setiap pembangkit dalam keadaan aman dan sistem masih stabil secara steady state.

Kata Kunci: interkoneksi, generator, kurva kapabilitas generator

Abstract

A complex and extensive electrical system requires an interconnection system from generation to supplying power to the load. The magnitude of the power change in the generator must always be maintained so that it is still within the threshold of the generator's operating capability. The generator operating capability threshold is expressed in the generator capability curve. In this study the aim is to display the generator capability curve from the operating point of multi generator loading work and display dynamic stability values.

This research takes place at the Skyline Substation with research time starting from March 2022 to September 2022. The research materials are in the form of single line diagrams, impedance data, reactance, resistance and line length data. In this study, to display the generator capability curve, MATLAB software was used to run the simulation.

Based on the discussion and conclusions from the analysis of the generator capability curve on the Jayapura 70 kV interconnection system, which consists of 4 buses with 2 generator buses and 2 load buses. Where the first power plant is PLTA ORYA with a capacity of 2x10 MW, and PLTU Holtekamp with a capacity of 134 MW. From the results of the monitoring simulation that has been carried out, it can be said that the generators at each power plant are in a safe condition and the system is still stable in a steady state manner.

Keywords: interconnection, generator, generator capability curve

1. PENDAHULUAN

listrik yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Kestabilan nilai tegangan terminal pada generator dipengaruhi oleh banyak faktor, diantaranya gangguan yang masuk pada sistem ataupun penambahan beban dalam jumlah yang besar. Setiap kenaikan atau penurunan beban harus diikuti dengan perubahan daya input mekanis pada prime mover dari generator. Bila daya input mekanis tidak

cepat menyesuaikan dengan daya beban maka kecepatan rotor dari generator (frekuensi sistem) dan tegangan akan menyimpang dari keadaan normal. Jika frekuensi putaran generator dipertahankan konstan, maka tegangan listrik yang dibangkitkan akan bergantung pada kuantitas beban dan penguatan yang diberikan pada kumparan medannya.

Sistem kelistrikan kompleks dan luas diperlukan suatu sistem interkoneksi dari pembangkitan dalam mensuplai daya ke beban. Sistem interkoneksi diharapkan mampu

menjaga kondisi sistem kelistrikan agar tetap stabil apabila terjadi peningkatan dan penurunan daya beban secara tiba-tiba. Perubahan daya beban pada sisi beban akan mempengaruhi daya pada pembangkitan. Besar perubahan daya pada generator harus selalu dijaga agar masih dalam batas ambang kemampuan operasi generator. Batas ambang kemampuan operasi generator dinyatakan dalam kurva kapabilitas generator. monitoring diperlukan pada sisi pembangkitan untuk memantau perubahan daya akibat perubahan daya beban.

Dalam penelitian ini dikembangkan suatu program monitoring untuk memantau level keamanan multi generator. Sistem Jayapura 70 kV digunakan sebagai bahan penelitian. Perhitungan aliran daya sistem Jayapura 70 kV digunakan sebagai input kurva kapabilitas generator. Pembagian pembebanan generator pada pembangkit dengan memperhatikan nilai ekonomis generator dan kurva kapabilitas generator dikembangkan.

1.1 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara menampilkan titik operasi kerja pembebanan generator?
2. Bagaimana cara menentukan nilai batas kestabilan steady state dari kurva kapabilitas generator?

1.2 Tujuan Masalah

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk menampilkan kurva kapabilitas dari titik operasi kerja pembebanan multi generator.
2. Untuk menampilkan nilai batas kestabilan steady state dari kurva kapabilitas multi generator.

1.3 Manfaat

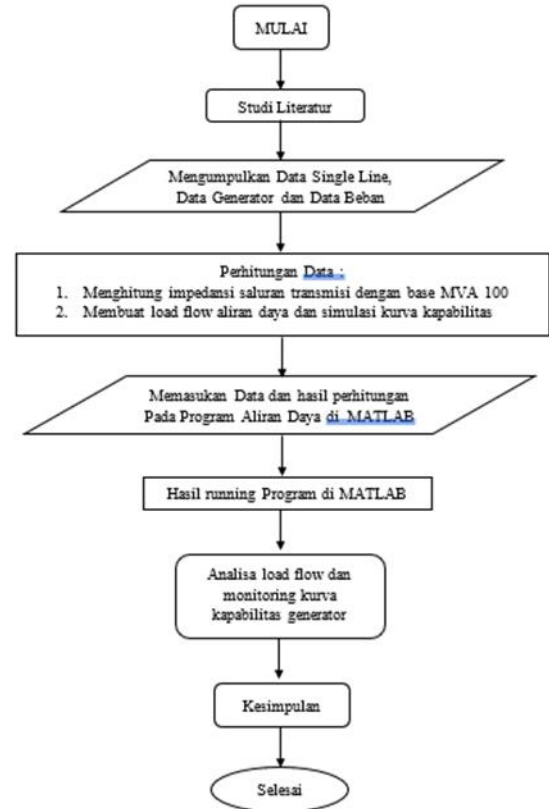
Penelitian ini diharapkan dapat berguna serta memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberi kontribusi terhadap upaya untuk memberi peringatan awal (early warning) jika terdapat generator beroperasi pada titik kerja bahaya.
2. Meningkatkan sistem monitoring keamanan multi generator.

2. METODE PENELITIAN

Metode pengambilan data yang digunakan adalah data sekunder GI Skyline. Data yang diperoleh dari PLN GI Skyline dengan satuan yang berbeda-beda kemudian dikonversikan ke dalam satuan yang sama yaitu satuan per-unit. Satuan per-unit ini yang akan digunakan sebagai input perhitungan/komputasi dengan menggunakan komputer.

Pengolahan data dilakukan dengan cara data yang diperoleh diubah kedalam bentuk per-unit untuk diinput ke dalam perhitungan, menggunakan Newton Raphson.



2. 1. Materi Dasar

a. Sistem tenaga listrik

Sistem tenaga listrik didefinisikan sebagai kumpulan dari beberapa pusat pembangkit listrik dan gardu induk (GI), satu sama lain saling dihubungkan oleh jaring transmisi. Jaring transmisi membentuk kesatuan sistem di kenal dengan sistem interkoneksi (Rusilawati,2015). Dengan sistem interkoneksi, sistem akan lebih handal karena sistem saling terhubung dan membantu sistem lain dalam mengirim kebutuhan daya jika salah satu sistem di pembangkit mengalami kekurangan daya atau trip.

Sistem interkoneksi bertujuan agar dalam mengoperasikan sistem tenaga listrik didapat kombinasi pembangkitan seekonomis mungkin, sehingga dicapai keseimbangan antara daya tersedia dengan daya dibutuhkan.

b. Kestabilan sistem tenaga listrik

Kestabilan sistem tenaga listrik didefinisikan sebagai kemampuan dari sistem tenaga listrik untuk menjaga kondisi operasi seimbang dan kemampuan sistem tenaga listrik untuk kembali ke kondisi operasi normal ketika setelah terjadi gangguan. Ketidakstabilan tegangan pada sistem tenaga listrik terjadi akibat Jatuh tegangan yang tidak terkendali, Peningkatan daya dibeban, perubahan kondisi sistem dan, ketidak mampuan sistem tenaga listrik dalam

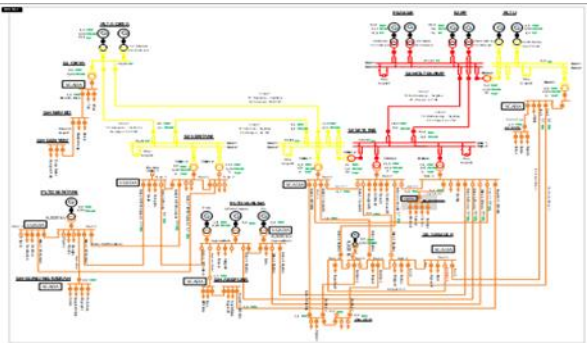
menyediakan daya reaktif. Jika kondisi tersebut tidak cepat diatasi, sistem akan mengalami voltage collapse atau sistem akan black out (FEBRIANTO, 2018). Gangguan pada sistem tenaga listrik terdiri dari gangguan kecil dan gangguan besar. Gangguan kecil terjadi akibat adanya perubahan beban pada sisi beban. Gangguan kecil dianalisis menggunakan persamaan linier. Gangguan besar terjadi akibat kejutan secara tiba-tiba pada tegangan bus. Semua gangguan kecil maupun besar harus segera dihilangkan secepat mungkin.

3. SISTEMATIKA PENULISAN

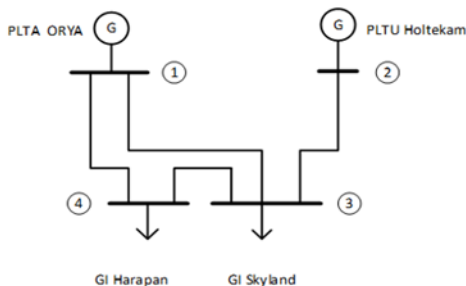
Sistematika penulisan terdiri dari:

1. Judual;
2. Abstrak
3. Pendahuluan
4. Metode
5. Hasil dan Pembahasan
6. Kesimpulan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN



Dari gambar single line sistem Jayapura diatas dapat di gambarkan menjadi 4 bus dimana terdapat 2 bus generaor dan 2 bus beban.



Dari gambar data single line diagram di atas dapat disimpulkan bahwa pada sistem 70 kV Jayapura terdapat 4 Bus yang terdiri dari Bus 1 dan Bus 2 yaitu PLTA ORYA dan PLTU Holtekamp sebagai bus

generator, Bus 3 dan Bus 4 yaitu GI Skyland dan GI Harapan sebagai load bus atau bus beban.

Menghitung Reaktansi Dan Resistansi Saluran

Untuk menghitung nilai reaktansi dan resistansi pada saluran ditentukan dasar MVA (MVA_{base}) sebesar 100 MVA. Maka Impedansi saluran transmisi dihitung dalam satuan p.u sebagai berikut:

Pada jaringan transmisi 70 kV

$$S_{base} = \frac{(KV)^2}{S_{base}}$$

$$S_{base} = \frac{(70)^2}{100}$$

$$S_{base} = \frac{4900}{100}$$

$$S_{base} = 49 \Omega$$

Pada jaringan transmisi 150 kV

$$S_{base} = \frac{(KV)^2}{S_{base}}$$

$$S_{base} = \frac{(150)^2}{100}$$

$$S_{base} = \frac{22500}{100}$$

$$S_{base} = 225 \Omega$$

Perhitungan Impedansi Saluran

Saluran Transmisi 70 kV

$$\text{Resistansi (R)} = \frac{0,1183}{49} = 0,00241 \text{ p.u}$$

$$\text{Reaktansi (X)} = \frac{0,3877}{49} = 0,00791 \text{ p.u}$$

Saluran Transmisi 150 kV

$$\text{Resistansi (R)} = \frac{0,1183}{225} = 0,000525 \text{ p.u}$$

$$\text{Reaktansi (X)} = \frac{0,3877}{225} = 0,00172 \text{ p.u}$$

Resistansi (R) dan Reaktansi (X) saluran transmisi dalam satuan p.u sebagai berikut :

Saluran Transmisi PLTA Orya – GI Skyline :

$$R = \text{Panjang saluran} \times 0,00241$$

$$= 87,26 \times 0,00241$$

$$= 0,21029$$

$$X = \text{Panjang saluran} \times 0,00791$$

$$= 87,26 \times 0,00791$$

$$= 0,690226$$

Nilai suseptansi (*B*) saluran transmisi dalam satuan p.u sebagai berikut:

Nilai suseptansi (*B*) saluran PLTA Orya – GI Skyline :

$$B = \frac{2,533 \times \text{panjang saluran}}{49} = \frac{2,533 \times 87,26}{49} = 4,5108$$

Dari gambar single line diatas didapatkan data-data sebagai berikut :

Tabel 1 Data Bus

Bus No	Bus code	Load		Generator	
		MW	Mvar	MW	Mvar
1	2	0,0	0,0	9,3	0,744
2	2	0,0	0,0	67,5	0,39
3	1	56,9	3,25	0,0	0,0
4	1	17,5	3,36	0,0	0,0

Berdasarkan hasil perhitungan resistansi, reaktansi dan suseptansi hasilnya dapat langsung dimasukkan kedalam program MATLAB dan selanjutnya dapat disimulasikan, data tersebut dapat dituliskan sebagai berikut:

Tabel 2 Data Saluran

No Bus	No Bus	R (pu)	X (pu)	½ B (pu)
1	4	0,17930	0,588	1,92300
2	3	0,01140	0,037	0,12225
1	3	0,21029	0,690	2,25540
3	4	0,03099	0,101	0,33235

Hasil Simulasi dari MATLAB

Setelah data-data dari tabel data bus dan data saluran dimasukkan ke dalam program MATLAB, selanjutnya program dirunning dan disimulasikan, berikut adalah hasilnya :

Tabel 3 Hasil Aliran Daya

No Bus	Jenis Pembangkit	Load		Generator	
		MW	Mvar	MW	Mvar
1	PLTA Orya	0,0	0,0	9,300	-420,513
2	PLTU Holtekamp	0,0	0,0	67,500	-32,020
3	GI Skyline	56,90	3,25	-22,994	-270,538
4	GI Harapan	17,50	3,36	12,004	-222,111
TOTAL		74,40	6,61	65,809	-945,182

Dari hasil aliran daya diatas dapat dilihat bahwa hasil running program aliran daya sistem Jayapura 70 kV pada nilai pembebanan 74,400 MW.

Tabel 4 Aliran Daya & Rugi-rugi

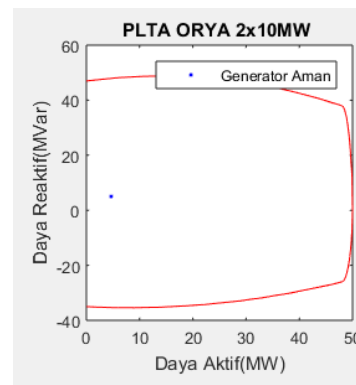
Line		Power at bus & line flow			Line loss	
From	To	MW	Mvar	MVA	MW	Mvar
1		9,300	-	420,616		
	4	5,550	-	196,130	0,054	-388,288
	3	4,730	-	230,024	0,046	-455,462
2		67,500	-32,020	74,710		
	3	75,856	-7,533	76,229	0,646	-22,600
3		-79,894	-	285,207		
	2	-75,211	-15,067	76,705	0,646	-22,600
	1	-4,684	-	225,535	0,046	-455,462
	4	0,000	-33,235	33,235	0,000	-66,470
4		-5,496	-	225,538		
	1	-5,496	-	192,315	0,054	-388,288
	3	0,000	-33,235	33,235	0,000	-66,470
Total Loss					0,746	-932,819

Dari hasil running program Line flow & losses di MATLAB diketahui bahwa besar rugi daya aktif yaitu 0,746 MW dengan rugi daya reaktif sebesar -932,819 MVAR.

Kurva Kapabilitas Generator

1. PLTA Orya (2 × 10 MW)

PLTA Orya yang terletak pada bus 1 dimana sebagai Bus Generator yang menghasilkan daya sebesar 2 × 10 MW. Dari hasil visualisasi monitoring keamanan multi generator dihasilkan kurva kapabilitas generator PLTA Orya seperti gambar berikut :



Gambar Kurva kapabilitas generator 2x10MW PLTA ORYA

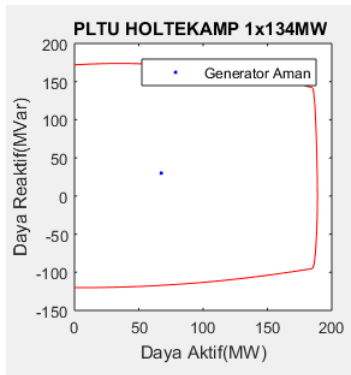
Dari gambar diatas dapat dilihat jika kurva kapabilitas generator terbentuk dari daya aktif dan daya reaktif yang dibangkitkan. Pada kurva kapabilitas daya aktif yang dibangkitkan berada pada titik mendekati 20 MW sehingga tidak melewati batas kurva kapabilitas generator sehingga kurva kapabilitas generator dapat dikatakan aman.

$$P_{\max} = \frac{|E| |V|}{X} = \frac{0,832 \times 100}{0,3877} = 214,59 \text{ MW}$$

Jadi batas kestabilan steady state yang dimungkinkan ditransfer melalui jaringan transmisi yaitu 214,59 MW. Sehingga sistem masih stabil secara steady state hingga daya maksimum mencapai 214,59 MW sehingga bila daya generator atau kapasitas pembangkit PLTA Orya (2 × 10 MW) dan PLTU Holtekamp (1 × 134MW) maka sistem masih stabil.

2. PLTU HOLTEKAMP (1 × 134MW)

PLTU Holtekamp yang terletak pada bus 2 dimana sebagai Bus Generator yang menghasilkan daya sebesar 1 × 134 MW yang didapatkan dari daya yang dibangkitkan oleh PLTU, Peaker dan MPP. Dari hasil visualisasi monitoring keamanan multi generator dihasilkan kurva kapabilitas generator PLTU Holtekamp seperti gambar berikut :



Gambar Kurva kapabilitas generator 134MW PLTU Holtekamp

Dari gambar diatas dapat dilihat jika kurva kapabilitas generator terbentuk dari daya aktif dan daya reaktif yang dibangkitkan. Pada kurva kapabilitas daya aktif yang dibangkitkan berada pada titik mendekati 100 MW sehingga tidak melewati batas kurva kapabilitas generator sehingga kurva kapabilitas generator dapat dikatakan aman.

Batas Kestabilan Steady State

Stabilitas steady-state adalah kemampuan sistem tenaga listrik untuk tetap menjaga sinkronisasi diantara mesin dalam sistem dan saluran external apabila terjadi perubahan beban baik secara normal ataupun lambat. Simulasi dan Analisa dilakukan pada sistem interkoneksi 70 kV Jayapura yang terdiri dari 4 bus dengan 2 bus generator dan 2 bus beban.

P_{\max} yang merupakan batas kestabilan steady state dapat dihitung sebagai berikut :

5. KESIMPULAN dan SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa kurva kapabilitas dan sistem monitoring keamanan multi generator pada sistem interkoneksi Jayapura 70 kV dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Kurva kapabilitas yang dihasilkan dari simulasi monitoring keamanan pada sistem 70 kV Jayapura, yang terdiri dari 2 pembangkit dengan kapasitas PLTA Orya 2 x 10 MW dan PLTU Holtekamp 134 MW. Pada hasil monitoring pada dua pembangkit tersebut generator dinyatakan aman karena daya yang dibangkitkan tidak melewati kurva kapabilitas dari generator.
2. Pembebanan setiap generator harus disesuaikan dengan batas nilai kestabilan steady state masing-masing generator, agar tidak terjadi kelebihan beban pada generator yang menyebabkan hilangnya kestabilan generator. Kestabilan steady state P_{\max} yang sudah dihitung yaitu 214,59 MW. Sehingga sistem masih stabil secara steady state hingga daya maksimum mencapai 214,59 MW sehingga bila daya generator atau kapasitas pembangkit PLTA Orya (2 × 10 MW) dan PLTU Holtek amp (1 × 134MW) maka sistem masih stabil.

5.2. Saran

Saran yang dapat diberikan setelah melakukan penelitian diatas adalah sebagai berikut :

1. Diharapkan adanya pengembangan selanjutnya dari penelitian tugas akhir ini, karena pada penelitian tugas akhir ini digunakan data pada tahun 2021 sehingga diharapkan untuk selanjutnya penelitian dapat dilakukan setiap tahunnya menggunakan data tahun-tahun yang akan datang.

2. Pada penelitian digunakan aplikasi MATLAB untuk running program aliran daya dan menampilkan kurva kapabilitas generator, diharapkan pada penelitian selanjutnya dapat menggunakan aplikasi lain seperti ETAP agar dapat dibandingkan hasilnya dari penggunaan dua aplikasi tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan Terima Kasih Penulis Ucapkan Kepada Universitas Cenderawasih Dan Pihak-Pihak Yang Telah Memfasilitasi Dan Membantu Berjalannya Penelitian Ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z. (2012). Simulasi Monitoring Keamanan Multi Generator Menggunakan Kurva Kapabilitas Generator Pembelajaran Neural Network. *Jurnal Media Elektro*, 1(2), 50–57.
- Fauzi, M. R., & Kanata, S. (2014). *Pengaturan Slack Bus Dalam Mengoptimalkan Aliran Daya Pada Kasus Ieee 30 Bus Menggunakan Metode Newton-Raphson Pada Aplikasi Matlab 7. 0*.
- Rusilawati. (2020). Menentukan Batas Kestabilan Steady State Sistem Jawa Bali 500 kV menggunakan Pendekatan Model Single Machine to Infinite Bus. *ALINIER: Journal of Artificial Intelligence & Applications*, 1(1), 1–12
- Rusilawati, R. (2020). Pembentukan Kurva Kapabilitas Generator Menggunakan Pendekatan Sistem Modified Single Machine to Infinite Bus (M-SMIB) untuk Batasan Optimisasi Sistem Pembangkitan. *Jurnal ELTIKOM*, 4(2), 132–139
- Rusilawati, d. A. (2015). *Penentuan Batas Kestabilan Steady State . Seminar Nasional “Inovasi dalam Desain dan Teknologi*, 9-17.
- Hadi Saadat,” *Power system analysis*”. International Edition. Second edition 2004.
- Prabha Kundur.” *Power system stability and control*” McGraw-Hill, New York. 1994.
- Erdy Febrianto. “*Analisis Batas Kestabilan Steady State Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap Yang Terhubung Ke Jaringan*”. Universitas Teknologi Yogyakarta 2018
- Djiteng Marsudi,”*Operasi sistem tenaga listrik*”. Graha Ilmu edisi kedua 2006.
- Sulasno. “ *Analisa Sistem Tenaga Listrik* “. Satya Wacana Semarang 1993.