

Pengaruh Perubahan Variasi Eksitasi Tegangan Terhadap Daya Reaktif Pada Generator

Muchsin Harahap¹, Yoga Tri Nugraha², Muhammad Adam³, M. Soleh Nasution⁴

¹Program Studi Teknik Pendingin Dan Tata Udara, Politeknik Tanjungbalai

Sei Raja, Sei TualangRaso, Kota TanjungBalai, Sumatera Utara, Telp. (+62-623-7596-727), Kode pos 21331

²Program Studi Teknik Elektro, FakultasTeknologi Dan IlmuKomputer, Universitas Prima Indonesia

Jl. Sekip, Simpang Sikambing Medan, Sumatera Utara, Telp. (+62-61-4578890), Kode pos 20111

^{3,4}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Jl. KaptenMughtarBasri,BA No. 03 Medan Telp. (061) 6622400 ex. 12 Kode pos 20238

e-mail: faizaawan496@gmail.com

Abstrak — Pada generator terdapat sistem penguatan medan (sistem eksitasi) yang mempunyai fungsi sangat penting untuk proses pembangkitan. Sistem eksitasi dapat mempengaruhi kinerja generator jika sistem tersebut diberikan pembebanan seperti beban resistif, induktif dan kapasitif. Oleh karena itu, generator harus mampu membangkitkan daya listrik sesuai dengan besarnya beban yang diberikan. Di dalam penelitian ini dilakukan pengujian pada generator dengan menggunakan beban induktif dan resistif. Hasil pengujian yang didapatkan pada generator yaitu pada saat generator diberikan beban induktif, generator mengalami kenaikan tegangan sebesar 0,22% sehingga memiliki daya reaktif sebesar 914,12 VAR, dan pada saat pengujian dengan beban resistif menghasilkan daya reaktif sebesar 1254,36 VAR serta mengalami kenaikan tegangan sebesar 0,46%.

Kata kunci : Generator, Induktif, Resistif, DayaReaktif, Tegangan

Abstract — *In the generator there is a field reinforcement system (excitation system) which has a very important function for the generation process. The excitation system can affect generator performance if the system is subjected to loads such as resistive, inductive and capacitive loads. Therefore, the generator must be able to generate electrical power in accordance with the amount of load given. In this study, tests on the generator using inductive and resistive loads were carried out. The test results obtained on the generator are that when the generator is given an inductive load, the generator experiences a voltage increase of 0.22% so that it has a reactive power of 914.12 VAR, and when testing with a resistive load it produces a reactive power of 1254.36 VAR and experiences a voltage increase of 0.46%.*

Keywords : *Generator, Inductive, Resistive, Reactive Power, Voltage*

I. PENDAHULUAN

Peningkatan kebutuhan listrik di Indonesia menjadi masalah yang harus segera diatasi. Dalam rangka memenuhi kebutuhan listrik tersebut, maka keandalan suatu sistem operasi pembangkit untuk dapat menghasilkan energi listrik memiliki peranan yang sangat penting. Salah satu komponen yang penting dalam sistem tenaga adalah generator, karena peranannya sebagai sumber utama energi listrik. Daya mekanis dalam generator biasanya berasal dari turbin kemudian diubah menjadi energi listrik. Dalam hal ini, perubahan energi tersebut hanya dimungkinkan jika sistem eksitasi pada generator ada dan memiliki pembebanan sistem interkoneksi.

Pembebanan sistem interkoneksi selalu berubah-ubah setiap saat, sehingga unit-unit generator pada masing-masing pembangkit yang berkontribusi pada sistem interkoneksi harus selalu siap menghadapi berbagai kondisi sistem. Perubahan beban itu menyebabkan fluktuasi perubahan tegangan keluaran generator. Perubahan tegangan keluaran bisa menimbulkan bermacam-macam efek ke generator.

Kondisi stabilitas generator bisa mempengaruhi stabilitas sistem tenaga listrik secara umum. Stabilitas sistem tenaga listrik adalah permasalahan penting dalam menunjang kehandalan sistem tenaga listrik. Pada generator terdapat sistem penguatan medan (sistem eksitasi) yang mempunyai fungsi sangat penting untuk proses pembangkitan karena sistem eksitasi lah yang mengatur besarnya tegangan keluaran dari generator supaya tetap stabil terhadap beban. Oleh karena itu suatu generator harus mampu membangkitkan daya listrik sesuai dengan besarnya beban yang selalu berubah-ubah. Oleh karena itu, dengan diaturnya tegangan eksitasi pada generator maka akan dapat mengatur daya reaktif yang dibutuhkan pada generator tersebut sehingga dapat menentukan perubahan faktor daya pada generator.

II. TINJAUAN PUSTAKA

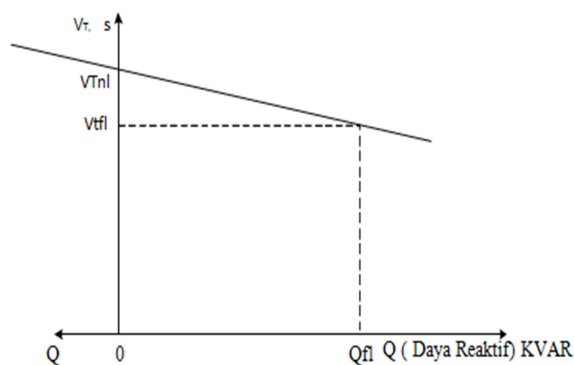
A. Hubungan Tegangan Terminal dan Eksitasi

Eksitasi adalah bagian dari sistem dari generator yang berfungsi membentuk/menghasilkan fluksi yang berubah terhadap waktu, sehingga dihasilkan satu GGL

induksi. Setelah generator AC mencapai kecepatan nominal, medannya dieksitasi dari catu DC. Ketika kutub lewat di bawah konduktor jangkar, fluksi medan yang memotong konduktor menginduksikan GGL pada konduktor jangkar. Besarnya GGL yang dibangkitkan tergantung pada laju pemotongan garis gaya (kecepatan rotor) dan kuat medan. Karena generator kebanyakan berkerja pada kecepatan konstan, maka besarnya GGL yang dibangkitkan menjadi bergantung pada eksitasi medan. Eksitasi medan dapat langsung dikendalikan dengan mengubah besarnya tegangan eksitasi yang dikenakan pada kumparan medan generator.

B. Hubungan Tegangan Terminal dan Daya Reaktif

Pada generator juga ada hubungan antara tegangan terminal V_T dan daya reaktif Q . Ketika muatan lambat ditambahkan pada generator sinkron, tegangan terminalnya akan menurun. Sebaliknya, ketika muatan utama ditambahkan pada generator sinkron, maka tegangan terminalnya akan naik. Hal ini dimungkinkan membuat kurva tegangan terminal terhadap daya reaktif, dan plot itu memiliki karakteristik menurun seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kurva Tegangan Terminal (V_T) dan Daya Reaktif (Q)

Karakteristik ini tidak linier, tetapi banyak regulator tegangan generator memasukkan fitur untuk melinierkan. Kurva karakteristik dapat dinaikkan dan diturunkan dengan mengubah tegangan terminal tanpa muatan poin yang ditetapkan pada regulator tegangan. Seperti dengan karakteristik daya frekuensi, kurva ini memainkan peran penting dalam operasi paralel generator sinkron.

Maka penting merealisasikan bahwa satu generator beroperasi sendiri, daya nyata P dan daya reaktif Q yang disuplai dengan generator akan menjadi jumlah yang diminta oleh muatan yang dicantumkan pada generator P dan Q yang disuplai tidak dapat dikontrol dengan control generator. Karena itu, untuk daya nyata tertentu, pengatur menetapkan poin control frekuensi operasi generator f_e , dan daya reaktif tertentu, control medan arus voltase terminal generator V_T .

C. Pengaruh beban pada Sistem Eksitasi

Saat generator sinkron beroperasi dalam keadaan beban nol atau tanpa beban, maka yang terjadi ialah tak ada arus yang mengalir melewati kumparan jangkar stator, sehingga yang ada pada celah udara hanyalah fluksi arus medan rotor. Berbeda dengan apabila generator bekerja dalam keadaan berbeban, dimana arus jangkar akan mengalir dan membentuk fluksi jangkar. Fluksi tersebut akan memengaruhi fluksi medan sehingga akhirnya menyebabkan harga tegangan terminal pada generator sinkron berubah. Reaksi ini kemudian dikenal dengan reaksi jangkar. Fluksi jangkar menimbulkan akibat seperti distorsi penguatan maupun pelemahan atau *magnetising* dan *demagnetising*. Pengaruh dari fluksi jangkar bergantung pada beban dan juga faktor daya beban.

D. Daya

Daya dalam sistem tenaga listrik merupakan jumlah energi listrik yang digunakan dalam suatu usaha, dan daya tersebut merupakan nilai suatu perkalian antara tegangan dengan arus yang mengalir. Secara sistematis sesuai dengan persamaan berikut :

$$P = V \times I \dots\dots\dots 1$$

Dimana :

P = Daya (VA);

V = Tegangan (Volt);

I = Arus (Ampere).

Pada sistem penggunaan arus bolak-balik (AC) 3 fasa, terdapat 4 jenis daya, yaitu daya reaktif (*reactive power*), daya semu/tampak (*apparent power*), daya aktif (*active power*), dan daya kompleks.

1. Daya Reaktif (*reactive power*)

Daya Reaktif merupakan suatu daya rugi-rugi dengan kata lain merupakan suatu yang tidak diinginkan dan semaksimal mungkin dapat dihindari. Daya ini bersumber dari komponen reaktif dan memiliki satuan VAR. Dalam perhitungan fasa, daya reaktif ini merupakan perkalian antara tegangan efektif dengan arus efektif serta nilai \sin . Secara sistematis menggunakan persamaan berikut :

$$Q = V \times I \times \sin \phi \text{ (Untuk 1 Fasa) } \dots\dots\dots 2$$

$$Q = \sqrt{3} \times V \times I \times \sin \phi \text{ (Untuk 3 Fasa) } \dots\dots 3$$

Dimana :

Q = Daya Reaktif (VAR);

V = Tegangan (Volt);

I = Arus (A);

$\sin \phi$ = Sudut fasa;

$\sqrt{3}$ = 3 fasa.

2. Daya Semu/tampak (*apparent power*)

Daya Semu merupakan suatu daya nyata, dengan kata lain daya semu ini adalah daya yang sebenarnya dihasilkan oleh generator. Daya semu merupakan penjumlahan antara daya aktif dengan daya reaktif. Daya semu ini memiliki persamaanya itu VA. Berikut adalah persamaan sistematis pada daya semu/tampak (*apparent power*) :

$$S = V \times I \dots\dots\dots 4$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \dots\dots\dots 5$$

Dimana :

- S = Daya Semu (VA);
- P = Daya Aktif (Watt);
- Q = Daya Reaktif (VAR).

3. Daya aktif (*active power*)

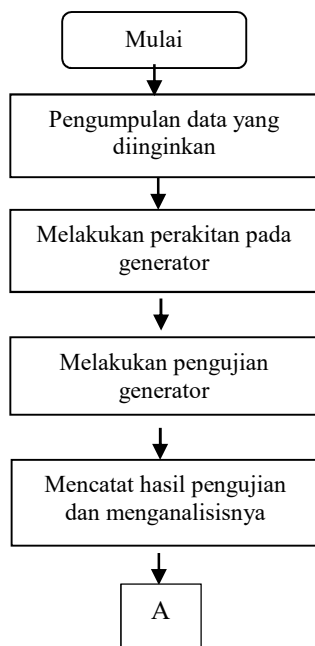
Daya aktif adalah daya yang digunakan untuk energi sebenarnya dengan kata lain daya ini merupakan daya yang terpakai atau terserap. Daya aktif ini merupakan daya yang tercatat pada kwh meter yang terdapat di rumah-rumah dan daya tersebut merupakan daya yang harus dibayar oleh pelanggan. Daya aktif ini sendiri memiliki satuannya itu Watt (W). Berikut adalah persamaan sistematis pada daya aktif (*active power*) :

$$P = V \times I \times \sin \phi \text{ (Untuk 1 Fasa) } \dots\dots\dots 6$$

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \sin \phi \text{ (Untuk 3 Fasa) } \dots\dots\dots 7$$

III. METODE

Adapun proses berlangsungnya pelaksanaan penelitian ini akan dijelaskan pada gambar 2.



Gambar 2. Flowchart Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Penelitian

Adapun data penelitian yang didapatkan dengan melakukan pengujian pada generator dapat terlihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Data Hasil Penelitian Pengujian Generator Paralel Sinkron Menggunakan Beban Induktif

Data Ke -	V _f (V)	I _f (A)	I _a (A)	Cos φ / φ	V _t = E _a (V)	Rpm
1	33,1	0,15	1,35	0,99 / 8,1	213,3	1000
2	40,5	0,35	2,87	0,98 / 11,4	218,7	1100
3	44,2	0,60	4,3	0,98 / 11,4	221,0	1200
4	47,7	0,85	6	0,96 / 16,2	222,1	1300
5	50,3	1,20	7,76	0,95 / 18,1	380	1400

Tabel 2. Data Hasil Penelitian Pengujian Generator Paralel Sinkron Menggunakan Beban Resistif

Data Ke -	V _f (V)	I _f (A)	I _a (A)	Cos φ / φ	V _t = E _a (V)	Rpm
1	33,1	0,15	1,65	0,96 / 16,2	210,4	995
2	40,5	0,35	3,02	0,96 / 16,2	213,3	1080
3	44,2	0,60	4,85	0,95 / 18,2	219,5	1160
4	47,7	0,85	6,88	0,95 / 18,2	221,7	1280
5	50,3	1,20	7,96	0,91 / 24,5	380	1370

B. Perhitungan Pengaruh Perubahan Tegangan Eksitasi Terhadap Daya Reaktif

1. Pengujian Generator Menggunakan Beban Induktif

Berdasarkan dari Tabel 1 diatas, maka akan dihitung daya reaktif pada generator. Perhitungan daya reaktif dengan menggunakan persamaan :

Perhitungan Data ke - 1

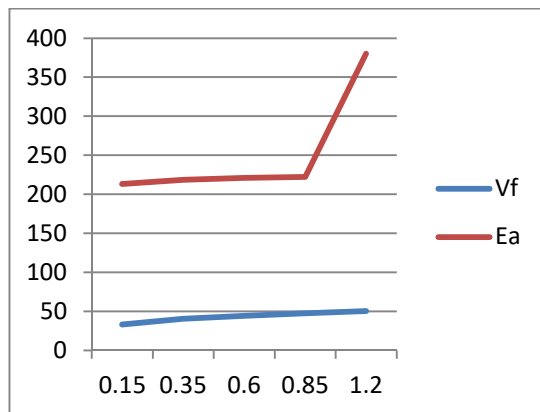
$$\begin{aligned}
 Q &= V_t \times I_a \times \sin \phi \\
 &= 213,3 \times 1,35 \times \sin 8,1 \\
 &= 40,31 \text{ VAR}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan data ke 2 sampai ke 5 akan ditampilkan pada Tabel 3 dibawah ini :

Tabel 3. Hasil Perhitungan Daya Reaktif Pada Generator

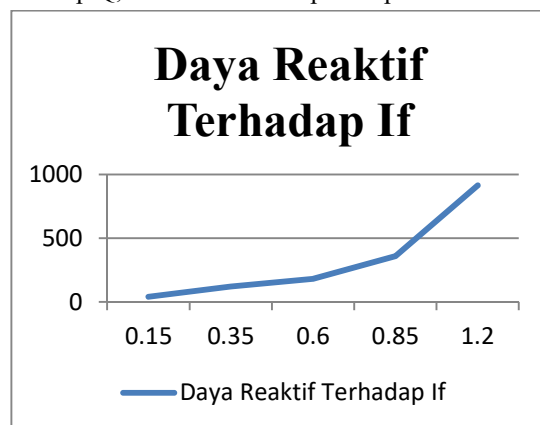
Data Ke -	Daya Reaktif (Q) (VAR)
1	40,31
2	119,25
3	180,55
4	359,80
5	914,12

Dari data Tabel 1 dan Tabel 3 diatas, pada perhitungan titik tertentu, maka akan diperoleh bahwa semakin tinggi nilai I_f maka nilai V_t nya semakin besar juga. Kenaikan yang signifikan nampak pada hasil pengujian data ke 5 yaitu dengan I_f sebesar 1,20 A dan E_a sebesar 380 V. Maka akan menyebabkan kenaikan tegangan sebesar 0,22% dari tegangan nominal. Untuk itu pengaruh perubahan tegangan eksitasi terhadap daya reaktif pada generator akan ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Kurva I_f Terhadap E_a dan V_f

Dan untuk melihat perbandingan antara I_f terhadap Q , maka akan ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Kurva Hubungan I_f Terhadap Daya Reaktif (Q)

Penyebab perbedaan kurva hubungan I_f dan E_a ideal dengan kurva hasil perhitungan adalah :

1. Karena adanya rugi-rugi pada eksitasi. Meskipun rugi-eksitasi dianggap kecil, tetapi masih

berpengaruh terhadap nilai E_a . Semakin besar arus eksitasi yang disuplai, maka lilitan pada rotor juga akan panas. Hal ini akan berakibat arus eksitasi juga berkurang dan E_a juga akan turun sedikit.

2. Karena kurva ideal diambil pada generator masih keadaan baru (dalam keadaan ideal). Pada generator yang sudah dioperasikan begitu lama, kinerjanya juga akan menurun.
3. Karena perubahan beban yang disuplai generator.

Kemudian akan dihitung rugi-rugi yang ada pada generator 3 fasa yang telah diuji dan diketahui data-datanya. Perhitungan rugi-rugi generator 3 fasa akan menggunakan persamaan sebagai berikut :

Perhitungan Data ke 1

$$\text{Rugi-rugi} = (V_t \times I_a) - (V_f \times I_f) = (213,3 \times 1,35) - (33,1 \times 0,15) = 287,95 - 4,96 = 282,99 \text{ Watt}$$

Untuk perhitungan data ke 2 sampai ke 5 akan ditampilkan dalam bentuk Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Rugi-Rugi Pada Generator

Data Ke	Rugi-Rugi (Losses) (Watt)
1	282,99
2	613,49
3	923,78
4	1292,05
5	2888,44

2. Pengujian Generator Menggunakan Beban Resistif

Berdasarkan dari Tabel 4 diatas, maka akan dihitung daya reaktif pada generator. Perhitungan daya reaktif dengan menggunakan persamaan :

Perhitungan Data ke - 1

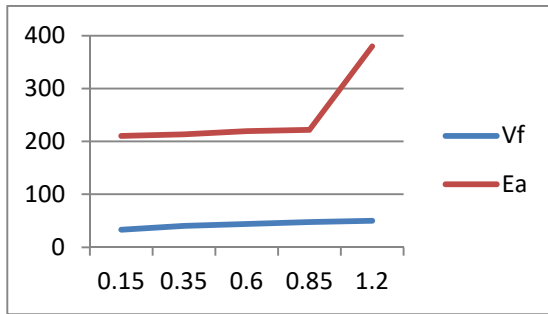
$$Q = V_t \times I \times \sin \phi = 210,4 \times 1,65 \times \sin 16,2 = 96,85 \text{ VAR}$$

Untuk perhitungan data ke 2 sampai ke 5 akan ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Daya Reaktif Pada Generator

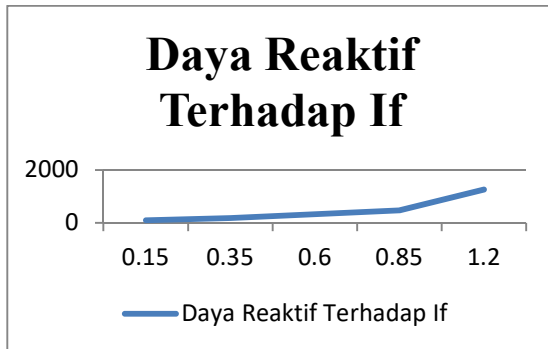
Data Ke -	Daya Reaktif (Q) (VAR)
1	96,85
2	179,71
3	332,50
4	476,40
5	1254,36

Dari data Tabel 2 dan Tabel 5 diatas, pada perhitungan titik tertentu, maka akan diperoleh bahwa semakin tinggi nilai I_f maka nilai V_t nya semakin besar juga. Kenaikan yang signifikan nampak pada hasil pengujian data ke 5 yaitu dengan I_f sebesar 1,20 A dan E_a sebesar 380 V. Maka akan menyebabkan kenaikan tegangan sebesar 0,46% dari tegangan nominal. Untuk itu pengaruh perubahan tegangan eksitasi terhadap daya reaktif pada generator akan ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Kurva If Terhadap Ea dan Vf

Dan untuk melihat perbandingan antara If terhadap Q, maka akan ditampilkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Kurva Hubungan If Terhadap Daya Reaktif (Q)

Penyebab perbedaan kurva hubungan If dan Ea ideal dengan kurva hasil perhitungan adalah :

1. Karena adanya rugi-rugi pada eksitasi. Meskipun rugi-eksitasi dianggap kecil, tetapi masih berpengaruh terhadap nilai Ea. Semakin besar arus eksitasi yang disuplai, maka lilitan pada rotor juga akan panas. Hal ini akan berakibat arus eksitasi juga berkurang dan Ea juga akan turun sedikit.
2. Karena kurva ideal diambil pada generator masih keadaan baru (dalam keadaan ideal). Pada generator yang sudah dioperasikan begitu lama, kinerjanya juga akan menurun.
3. Karena perubahan beban yang disuplai generator.

Kemudian akan dihitung rugi-rugi yang ada pada generator 3 fasa yang telah diuji dan diketahui data-datanya. Perhitungan rugi-rugi generator 3 fasa akan menggunakan persamaan sebagai berikut :

Perhitungan Data ke 1

$$\text{Rugi-rugi} = (V_{tx}I_a) - (V_{fx}I_f) = (210,4 \times 1,65) - (33,1 \times 0,15) = 347,16 - 4,96 = 342,2 \text{ Watt}$$

Untuk perhitungan data ke 2 sampai ke 5 akan ditampilkan dalam bentuk Tabel 6.

Data Ke	Rugi-Rugi (Losses) (Watt)
1	342,2
2	629,98
3	1038,05
4	1484,74
5	2964,44

V. KESIMPULAN

Hasil penelitian memberikan hasil berikut ini yaitu Daya reaktif dapat diketahui pada saat kita melakukan pengujian pada generator. Dan generator tersebut diberi beban resistif dan induktif. Pengaruh dari pembebanan induktif dan resistif terhadap daya reaktif pada generator, yaitu antara lain : Adanya rugi-rugi pada eksitasi. Meskipun rugi eksitasi dianggap kecil, tetapi masih berpengaruh terhadap nilai Ea. Semakin besar arus eksitasi yang disuplai, maka lilitan pada rotor juga akan panas. Hal ini akan berakibat arus eksitasi juga berkurang dan Ea juga akan turun sedikit. Karena kurva ideal diambil pada generator masih keadaan baru (dalam keadaan ideal). Pada generator yang sudah dioperasikan begitu lama, kinerjanya juga akan menurun. Karena perubahan beban yang disuplai generator.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Imron, "Analisis Pengaruh Perubahan Eksitasi Terhadap Generator," *ELTEK J. Tek. Elektro*, vol. 11, no. 02, pp. 31–41, 2013.
- [2] Armansyah, Sudaryanto, "Pengaruh Penguatan Medan Generator Sinkron Terhadap Tegangan Terminal," *Journal of Electrical Technology.*, vol. 1, no. 3, UISU, 2016.
- [3] I. Yudhistira Heri, "Analisis Pengaruh Eksitasi Pada Generator Sinkron Terhadap Pembebanan di PLTA WLINGI PT PJB BRANTAS," *Jurnal Qua Teknika.*, vol. 9, no. 1, Unisbablitar, 2019.
- [4] T. R. Gerha, et.al., "Studi Pengaturan Arus Eksitasi Untuk Mengatur Tegangan Keluaran Generator di PT Indonesia Power UBP Kamojang Unit 2," *J. Reka Elkomika, Itenas*, vol. 4, no. 1, 2016.
- [5] Basofi, et.al., "Studi Pengaruh Arus Eksitasi Pada Generator Sinkron Yang Bekerja Paralel Terhadap Perubahan Faktor Daya," *Singuda Ensikom, USU*, vol. 7, no. 1, pp. 8-15, 2014.
- [6] S. Annas Alatas, "Simulasi Pemodelan Sistem Eksitasi Statis Pada Generator Sinkron Terhadap Perubahan Beban," *UII*, 2018.
- [7] C. Oktien Dwi, "Analisa Unjuk Kerja Pemanfaatan Motor Induksi Sebagai Generator," *UMSU*, 2018.
- [8] B. Esa, "Analisis Pengaruh Arus Eksitasi Terhadap Daya Reaktif Pada Generator Sinkron Yang Bekerja Paralel," *UGM*, 2016.
- [9] A. Jordy, "Analisis Pengaruh Perubahan Arus Eksitasi Terhadap Daya Reaktif Generator Gas Turbin Blok 2 Unit 3 (Studi Pada PT. Indonesia Power UBP Tanjung Priok)," *UNJ*, 2016.
- [10] Riduan, "Analisis Pengaruh Perubahan Arus Eksitasi Terhadap Daya Reaktif Generator Sinkron di PLTD Merawang Kabupaten Bangka Induk Sungailiat" *UBB*, 2017.

- [11] H. Nailul, “Pemodelan Pengaruh Perubahan Beban Daya Reaktif Terhadap Arus Eksitasi Dan Tegangan Keluaran Generator Sinkron,” Unissula, 2017.
- [12] Annisa, et.al, “Analisis Pengaruh Perubahan Beban Terhadap Karakteristik Generator Sinkron,” Jurnal Riset Rekayasa Elektro, vol. 1, no. 1, pp. 37-53 2019.