

ANALISA DAN PEMODELAN GENERATOR DC SINKRON DAYA RENDAH

Candra Dwi Wicaksono¹, Yuliyanto Agung Prabowo²

^{1,2} Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro dan Teknik Informasi, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

^{1,2} Jln. Arief Rahman Hakim No.100, Klampis, Ngasem, Kec. Sukolilo, Kota Surabaya, Jawa Timur 60117

Email: ¹candradwiwicaksono@gmail.com, ²agungp@itats.ac.id

Abstract – Electric generators are common in everyday life, from AC generators to DC generators. Each type of generator has a different character, this affects the use of the generator. One type of DC generator is a synchronous DC generator. This research was conducted to determine the performance of the generator by calculating and simulating the parameters in the form of resistance and inductance produced by the generator under no-load and loaded conditions. In the experiment, voltage variations were carried out starting from 2 V – 12 V under no-load and loaded conditions. Load resistors are used with variations of 50 Ω , 100 Ω and 200 Ω . The measurement results of the synchronous DC generator parameters are as follows L_a 0.926 H, R_a 1.559 Ω , L_f 2.566 H and R_f 15.630 Ω . As a result, the DC generator has a calculated efficiency value of 67.94% for a generator without a load, 67.97% for a generator with a 50 load, 68.12% for a generator with a 100 load and 68.17% for a 200-loaded generator. While the simulation efficiency value is 79.80% for generator without load, 81.39% for generator with 50 Ω load, 81.71% for generator with 100 Ω load and 81.05% for generator with 200 Ω load. These results indicate that the generator condition is inefficient because the parameter values have been distorted both on the stator and rotor sides, so that the generated flux cannot induce a voltage according to the initial conditions of the generator.

Keywords – Distortion, efficiency, synchronous DC generator, modeling.

Abstrak – Generator listrik sudah umum ditemui pada kehidupan sehari-hari, mulai dari generator AC sampai generator DC. Tiap jenis generator memiliki karakter yang berbeda, hal ini mempengaruhi penggunaan generator tersebut. Salah satu jenis generator DC adalah generator DC sinkron. Pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui performa generator dengan menghitung dan mensimulasikan parameter berupa resistansi dan induktansi yang dihasilkan generator pada kondisi tanpa beban dan berbeban. Pada percobaan dilakukan variasi tegangan mulai dari 2 V – 12 V pada kondisi tanpa beban dan berbeban. Digunakan beban resistor dengan variasi 50 Ω , 100 Ω dan 200 Ω . Hasil pengukuran parameter generator DC sinkron sebagai berikut L_a 0.926 H, R_a 1.559 Ω , L_f 2.566 H dan R_f 15.630 Ω . Hasilnya generator DC memiliki nilai efisiensi perhitungan 67.94% untuk generator tanpa beban, 67.97% untuk generator berbeban 50 Ω , 68.12% untuk generator berbeban 100 Ω dan 68.17% untuk generator berbeban 200 Ω . Sedangkan nilai efisiensi simulasi 79.80% untuk generator tanpa beban, 81.39% untuk generator berbeban 50 Ω , 81.71% untuk generator berbeban 100 Ω dan 81.05% untuk generator berbeban 200 Ω . Hasil tersebut menunjukkan kondisi generator sudah tidak efisien dikarenakan nilai parameter sudah mengalami *distorsi* baik disisi stator maupun rotor, sehingga fluks yang dibangkitkan tidak dapat menginduksi tegangan sesuai dengan kondisi awal generator.

Kata Kunci – *Distorsi*, efisiensi, generator DC sinkron, pemodelan.

I. PENDAHULUAN

Dalam menciptakan energi listrik, mesin listrik digunakan untuk mengubah suatu jenis energi menjadi energi listrik, salah satunya energi mekanik. Sebuah mesin listrik yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik adalah generator, sedangkan dari jenis energi yang dihasilkan dibagi menjadi

generator arus searah dan bolak-balik[1]. Dalam generator arus bolak-balik terbagi menjadi generator serempak (sinkron) dan generator induksi (asinkron)[2]. Pada generator sinkron mempunyai nilai efisiensi yang sangat dipengaruhi oleh beban yang akan dipakai serta memiliki rugi-rugi daya pada generator yang meliputi rugi tembaga, rugi inti, rugi mekanis dan rugi beban[3]. Generator DC sinkron di laboratorium mesin listrik ITATS yang digunakan memiliki spesifikasi 24 Volt 150 Watt. Pada penelitian ini percobaan pengambilan data pada generator DC sinkron dengan mengatur tegangan dan arus yang masuk pada kondisi tanpa beban dan berbeban. Kemudian data tersebut dihitung secara manual dan data itu juga dimasukkan dalam program matlab untuk mengetahui nilai efisiensi. Dengan membandingkan nilai efisiensi yang dihasilkan yang kemudian akan dilakukan analisa pada generator DC sinkron.

II. PENELITIAN YANG TERKAIT

Penelitian dengan judul Analisa Performa Motor DC *Feedback* Tipe No. 63-110 Di Laboratorium Listrik Dan Otomasi Kapal yang dilakukan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Dengan variasi tegangan 100 V – 220 V pada kondisi berbeban dan tanpa beban menyimpulkan bahwa nilai rugi pada tegangan 220 V tanpa menggunakan resistor variabel adalah 89,97 W dan nilai gaya terbesar 0,42 Nm dengan efisiensi 50,3%[4]. Penelitian selanjutnya Pemeriksaan Dampak Perubahan Beban Terhadap Kualitas Generator Serentak dari Perguruan Tinggi Muhammadiyah Purwokerto. Dengan mengumpulkan informasi yang menggabungkan informasi khusus untuk generator sinkron 3 fasa dan informasi estimasi untuk daya aktif, daya reaktif, arus beban, hasil tegangan dan arus eksitasi di PT. Sumber Segara Primadaya. Didapat kesimpulan perkembangan di tumpukan unit generator satu dan dua mempengaruhi generator cos phi, sedangkan cos phi pada generator mempengaruhi efisiensi generator. Efisiensi generator unit satu dan dua berada pada cakupan rentang 97,12% sampai dengan 98,73%[5]. Penelitian terakhir dengan nama Reproduksi Tampilan Kerangka Eksitasi Statis pada Generator Terkoordinasi Terhadap Perubahan Beban. Dimana rangka eksitasi statik disatukan dalam sebuah penghubung konfigurasi dan dijalankan menjadi sebuah mesin sinkron yang difungsikan sebagai generator dengan limit 206,1 MVA, 16,5 kV dengan MATLAB *Simulink* R2017b. Menghasilkan kesimpulan untuk mengimbangi tegangan terminal, arus eksitasi dikurangi dengan memperluas titik penembakan *thyristor* ke titik alfa poin 45° sehingga harga tegangan DC normal menjadi 479,3 V dan arus eksitasi menjadi 985,9 A. Generator DC menghasilkan tegangan pada titik alfa poin 45° yang mendapat hasil nyata sebesar 16,5 kV[6]. Mengacu pada referensi diatas, maka penelitian yang dilakukan berjudul “Analisa dan Pemodelan Generator DC Sinkron 24 Volt 150 Watt” akan dilakukan percobaan pengambilan data pada

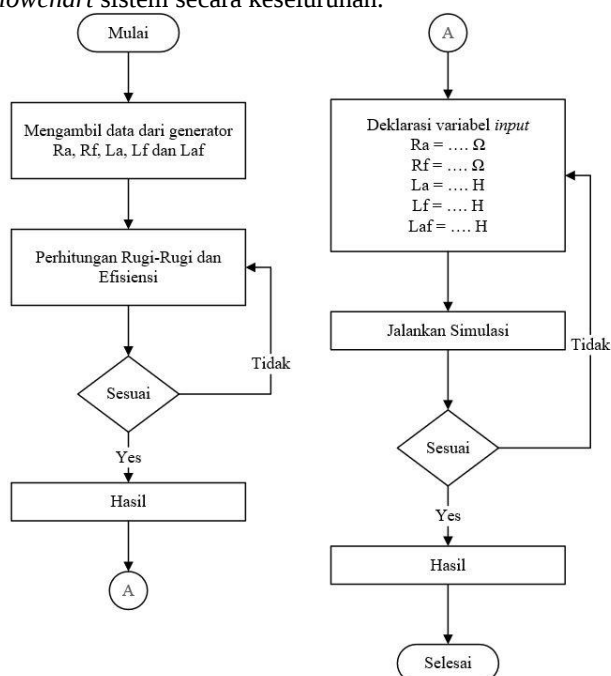
generator DC sinkron dengan mengatur tegangan dan arus yang masuk pada generator baik pada kondisi tanpa beban maupun dalam kondisi berbeban. Kemudian data tersebut dihitung secara manual dan dimasukkan kedalam program matlab untuk mengetahui nilai efisiensi yang dihasilkan. Dengan membandingkan nilai efisiensi yang dihasilkan yang kemudian akan dilakukan analisa pada generator DC sinkron.



Gambar 1 Generator DC Sinkron[7]

III.METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode penilaian kuantitatif, untuk memvalidasi dan mendapatkan data dalam sebuah proses. *Flowchart* sistem secara keseluruhan.



Gambar 2 Flowchart Sistem

Sistem diawali dengan mengambil parameter L_a , R_a , L_f , R_f dan L_{af} dari generator. Pengambilan parameter difungsikan sebagai nilai *input* untuk data perhitungan dan simulasi. Adapun nilai beban yang digunakan yaitu 50Ω , 100Ω dan 200Ω . Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mencari rugi-rugi dan efisiensi dari generator pada kondisi berbeban dan tanpa beban. Kemudian parameter nilai juga dilakukan deklarasi ke model generator di program matlab simulink, yang kemudian dijalankan baik dalam kondisi berbeban maupun tanpa beban. Dimana hasilnya akan ditampilkan di *scope* yang akan menampilkan informasi dari hasil percobaan tersebut.

Spesifikasi untuk generator DC sinkron daya tinggi yang terdapat di Laboratorium Mesin Listrik ITATS dapat dilihat pada table berikut:

Tabel 1. Parameter Generator DC Sinkron 24 Volt 150 Watt Merek Delco Remy di Laboratorium Mesin Listrik[8]

No.	Nama	Nilai
1	Model	V 15794 O
2	Tegangan (V)	24 V
3	Frekuensi (f)	50 Hz
4	Arus keluaran	DC
5	Kecepatan putar (rpm)	1500 rpm
6	Jumlah pasang kutup (p)	4
7	Arus (I)	12 A
8	Daya (P)	100-250 W
9	Approximetly	145°
10	Resistansi (Ohm)	7 Ohm
11	Kerapatan Flux	5.26 T

IV.HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari proses pengukuran parameter generator DC sinkron menggunakan alat ukur RLC (*Resistance, Inductance and Capacitance*) meter sebanyak sepuluh kali didapatkan hasil dibawah ini.



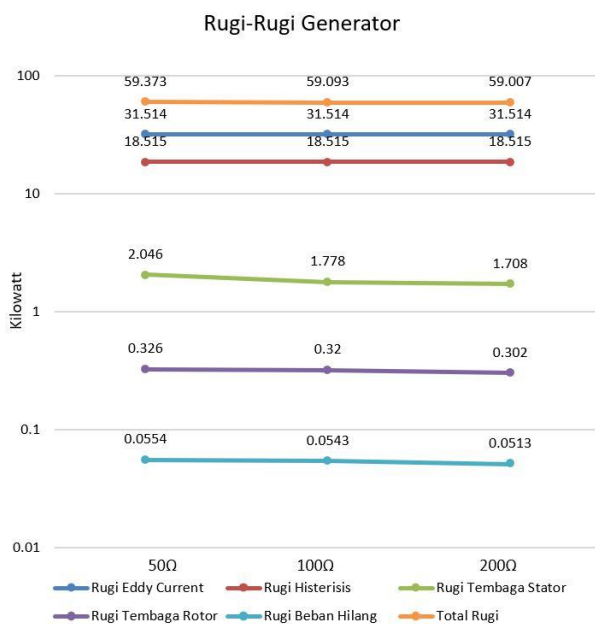
(a)

Gambar 3. Proses Pengukuran Menggunakan RLC meter

Tabel 2. Data Hasil Pengukuran Induktansi dan Resistansi

L_a (H)	R_a (Ohm)	L_f (H)	R_f (Ohm)	L_{af} (H)
0.92	1.87	2.56	15.85	0.02384
0.93	1.97	2.57	15.03	0.02425
0.93	1.49	2.57	15.68	0.02384
0.93	1.48	2.57	15.60	0.02380
0.92	1.50	2.56	15.58	0.02333
0.93	1.51	2.56	15.91	0.02326
0.92	1.46	2.57	15.57	0.02285
0.93	1.48	2.57	15.57	0.02285
0.93	1.47	2.56	15.65	0.02348
0.92	1.47	2.57	15.75	0.02244
Nilai rata-rata:				
0.926	1.559	2.566	15.630	0.02352

Berdasarkan hasil perhitungan manual sistem diperoleh hasil pada Gambar 4.



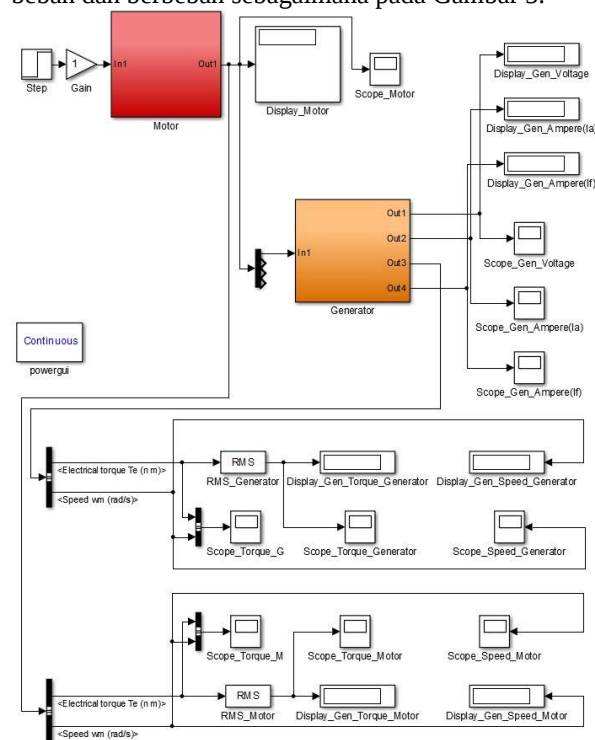
Gambar 4 Rugi-Rugi Generator

Berikut pada Tabel 3 merupakan hasil efisiensi dari perhitungan manual pada kondisi berbeban dan tanpa beban.

Tabel 3. Efisiensi Pada Perhitungan Manual Generator

Kondisi	Pin	Pout	Total Rugi-Rugi	Efisiensi
Tanpa Beban	185.375	125.947	59.428	67.94%
50Ω		126.003	59.373	67.97%
100Ω		126.278	59.098	68.12%
200Ω		126.368	59.007	68.17%

Untuk mengetahui karakter dari generator maka harus melalui proses simulasi perubahan kondisi generator pada saat tanpa beban dan berbeban sebagaimana pada Gambar 5.

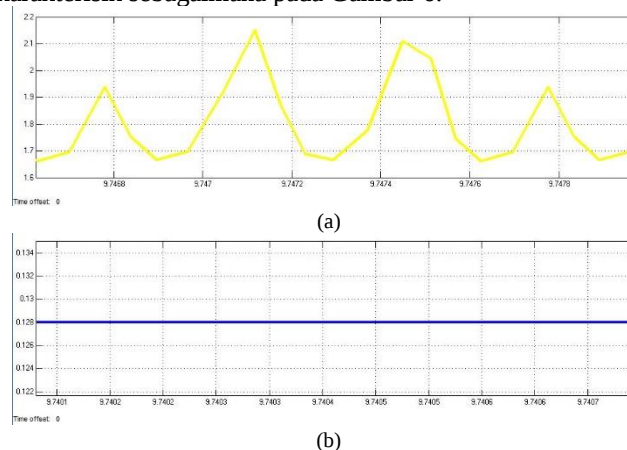


Gambar 5. Rangkaian Simulasi Sistem

Pada Gambar 5 menjelaskan mengenai rangkaian simulasi sistem yang terdiri dari beberapa rangkaian yaitu *step*, *gain*,

model matematis motor, model matematis generator, *display*, *scope*, *bus selector*, *continuous powergui*. Pada simulasi sitem terdapat lima inputan yang meliputi resistansi jangkar, resistansi medan, induktansi jangkar, induktansi medan dan induktansi mutual. Simulasi rangkaian ini akan memperlihatkan hasil keluaran dari generator sinkron yang meliputi tegangan eksitasi, arus medan, arus jangkar, GGL induksi jangkar, torsi generator dan kecepatan generator.

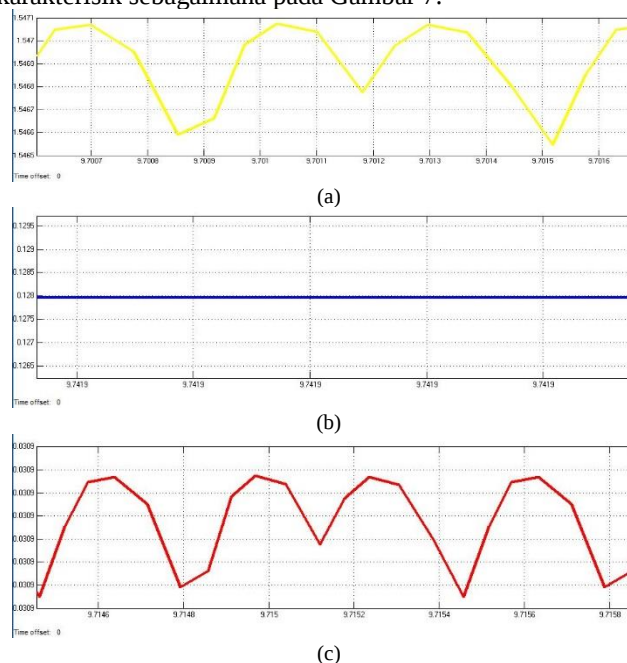
Pada pengujian simulasi pemodelan tanpa beban dengan nilai *step* yang digunakan 530.1, didapatkan hasil respon karakteristik sebagaimana pada Gambar 6.



Gambar 6 (a) Tegangan, (b) Arus Medan

Berdasarkan keluaran respon menunjukkan dengan nilai masukan tegangan medan sebesar 2 Volt, nilai GGL induksi jangkar yang dihasilkan sebesar 2.15 Volt, nilai arus medan yang dihasilkan sebesar 0.128 Ampere.

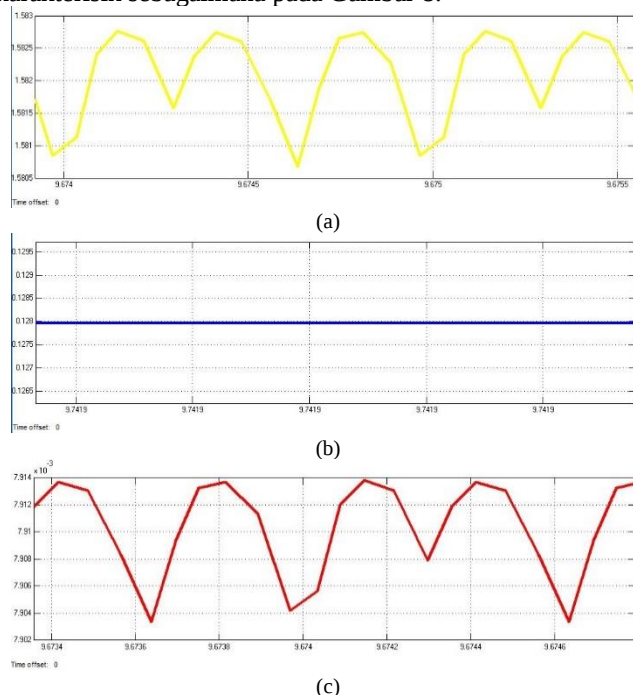
Pada pengujian simulasi pemodelan berbeban 50Ω dengan nilai *step* yang digunakan 530.1, didapatkan hasil respon karakteristik sebagaimana pada Gambar 7.



Berdasarkan keluaran respon menunjukkan dengan nilai masukan tegangan medan sebesar 2 Volt, nilai GGL induksi jangkar yang dihasilkan sebesar 1.574 Volt, nilai arus medan

yang dihasilkan sebesar 0.128 Ampere dan nilai arus jangkar yang dihasilkan sebesar 0.03094 Ampere.

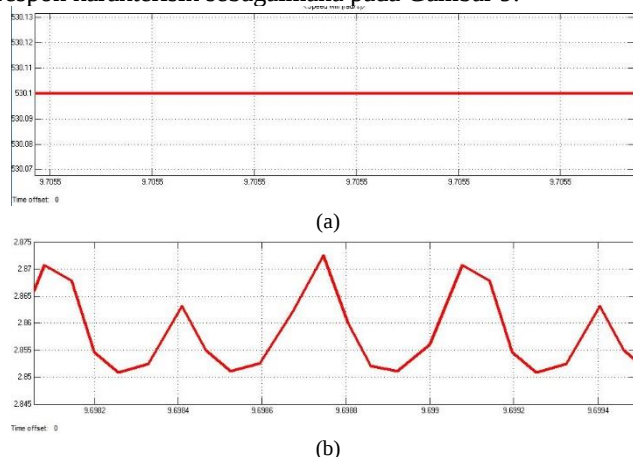
Pada pengujian simulasi pemodelan berbeban 200Ω dengan nilai *step* yang digunakan 530.1, didapatkan hasil respon karakteristik sebagaimana pada Gambar 8.



Gambar 8 (a) Tegangan, (b) Arus Medan dan (c) Arus Jangkar

Berdasarkan keluaran respon menunjukkan dengan nilai masukan tegangan medan sebesar 2 Volt, nilai GGL induksi jangkar yang dihasilkan sebesar 1.583 Volt, nilai arus medan yang dihasilkan sebesar 0.128 Ampere dan nilai arus jangkar yang dihasilkan sebesar 0.007913 Ampere.

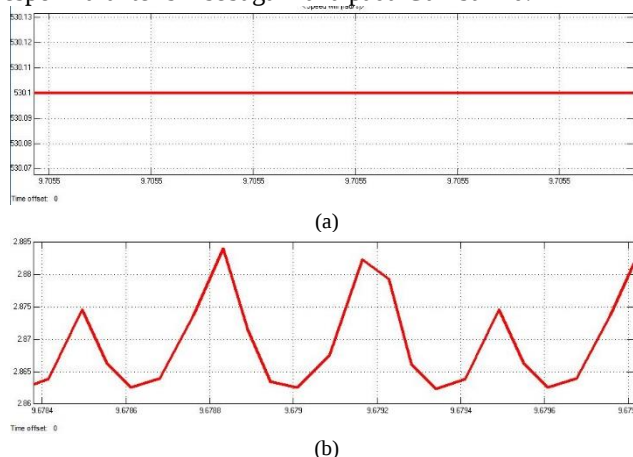
Pada pengujian simulasi pemodelan efisiensi tanpa beban dengan nilai *step* yang digunakan 530.1, didapatkan hasil respon karakteristik sebagaimana pada Gambar 9.



Gambar 9 (a) Kecepatan, (b) Torsi

Berdasarkan keluaran respon menunjukkan dengan nilai masukan tegangan medan sebesar 530.1 RPM, nilai kecepatan yang dihasilkan sebesar 530.1 RPM atau 55.5119 rad/s, nilai torsi yang dihasilkan sebesar 2.805 N.

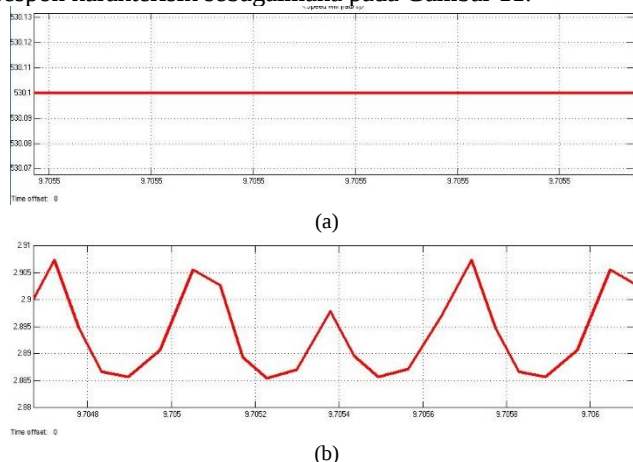
Pada pengujian simulasi pemodelan efisiensi berbeban 50Ω dengan nilai *step* yang digunakan 530.1, didapatkan hasil respon karakteristik sebagaimana pada Gambar 10.



Gambar 10 (a) Kecepatan, (b) Torsi

Berdasarkan keluaran respon menunjukkan dengan nilai masukan tegangan medan sebesar 530.1 RPM, nilai kecepatan yang dihasilkan sebesar 530.1 RPM atau 55.5119 rad/s, nilai torsi yang dihasilkan sebesar 2.861 N.

Pada pengujian simulasi pemodelan efisiensi berbeban 200Ω dengan nilai *step* yang digunakan 530.1, didapatkan hasil respon karakteristik sebagaimana pada Gambar 11.



Gambar 11 (a) Kecepatan, (b) Torsi

Berdasarkan keluaran respon menunjukkan dengan nilai masukan tegangan medan sebesar 530.1 RPM, nilai kecepatan yang dihasilkan sebesar 530.1 RPM atau 55.5119 rad/s, nilai torsi yang dihasilkan sebesar 2.884 N.

Tabel 4. Efisiensi Pada Simulasi Generator

Kondisi	Pin	Pout	Total Rugi-Rugi	Efisiensi
Tanpa Beban	185.375	125.947	59.428	67.94%
50 Ω		126.003	59.373	67.97%
100 Ω		126.278	59.098	68.12%
200 Ω		126.368	59.007	68.17%

V.KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah dilakukan pengukuran didapatkan nilai parameter L_a 0.926 H, R_a 1.559 Ω , L_f 2.566 H dan R_f 15.630 Ω , dengan karakteristik tegangan maksimal yang mampu dibangkitkan tanpa beban sebesar 17 Volt DC dan kecepatan maksimal 846 Rpm atau 88.548 rad/sec. Kemudian didapatkan nilai efisiensi perhitungan 67.94% untuk generator tanpa beban, 67.97% untuk generator berbeban 50 Ω , 68.12% untuk generator berbeban 100 Ω dan 68.17% untuk generator berbeban 200 Ω . Sedangkan nilai efisiensi simulasi 79.80% untuk generator tanpa beban, 81.39% untuk generator berbeban 50 Ω , 81.71% untuk generator berbeban 100 Ω dan 81.05% untuk generator berbeban 200 Ω . Hal tersebut menunjukkan bahwa parameter generator mengalami penurunan yang mengakibatkan perubahan atau *distorsi*. Hal itu terjadi baik disisi stator maupun rotor, sehingga *flux* yang dibangkitkan tidak bisa menginduksi atau menghasilkan tegangan sesuai dengan kondisi awal dari generator.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Devarinda, Y. A. Prabowo. "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Menggunakan Turbin Crossflow Di Lampung Selatan," *SNESTIK*, pp. 293–298, 2022.
- [2] R. Septiyan, M. W. Kasrani, and B. Sugeng, "Analisa Hilang Daya Pada Generator Sinkron 3 Fasa (6.6 KV) 11 MVA Type 1DT4038 – 3EE02 – Z," vol. 4, no. 1, pp. 2–6, 2019.
- [3] M. Noer, "Analisa Pengaruh Pembebanan Terhadap Efisiensi Generator Di PLTG Borang Dengan Menggunakan Software Matlab," *J. Ampere*, vol. 2, no. 2, p. 103, 2017, doi: 10.31851/ampere.v2i2.1774.
- [4] V. Suyanto, "Analisa Performa Motor DC Feedcack Tipe No. 63 – 110 Di Laboratorium Lisrik Dan Otomasi Kapal," *JTSP-Its*, vol. 3, no. 63, p. 128, 2016.
- [5] Annisa, Winarso, and W. Dwiono, "Analisis Pengaruh Perubahan Arus Eksitasi Terhadap Karakteristik Generator," *JRRE*, vol. 1, no. 1, pp. 37–53, 2019.
- [6] A. A. Sukmahadi, "Simulasi Pemodelan Sistem Eksitasi Statis pada Generator Sinkron Terhadap Perubahan Beban," *JE-UII*, vol. 1, no. 4, p. 67, 2018.
- [7] A. I. Sukowati, "Studi Pengaturan Tegangan Eksitasi Pada Steam Turbine Generator PT. Pupuk Sriwidjaja Saat Menanggung Beban Lebih," *JE-UMM*, vol. 3, no. 1, pp. 4–33, 2017.
- [8] R. T. Sataloff, M. M. Johns, and K. M. Kost, "Standard Duty Generator Regulators," *Book*, vol. 2, no. 4, p. 20, 1947.