

PENGARUH PEMBEBANAN TERHADAP TEGANGAN DAN FREKUENSI PADA GENERATOR 3 FASA

Ayu Latifah

Jurnal Algoritma
Sekolah Tinggi Teknologi Garut
Jl. Mayor Syamsu No. 1 Jayaraga Garut 44151 Indonesia
Email : jurnal@sttgarut.ac.id

ayulatifah@sttgarut.ac.id

Abstrak – Generator adalah alat yang mengubah energi mekanik (gerak) menjadi energi listrik. Pada penelitian ini, dilakukan pengukuran terhadap motor generator 3 fasa yang dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh pembebanan terhadap keluaran generator yang dibatasi hanya sebagai simulasi saja, dimana komponen beban dengan nilai yang bervariasi dapat menimbulkan ketidaksetimbangan terhadap nilai yang dihasilkan oleh generator. Adapun hasil pengukurannya dianalisa dengan beberapa metode penelitian, diantaranya dengan menggunakan teknik analisis data regresi linear sederhana dan analisis variance. Data hasil pengukuran dari penelitian ini menunjukkan bahwa perhitungan akhir dengan beban 3.3kOhm jumlah tegangan yang dihasilkan dari 12 kali percobaan dengan nilai tegangan sumber yang berbeda-beda adalah 14.48 lebih besar daripada ketika diberi beban 330kOhm jumlah tegangan keluarannya adalah 13.55, sebaliknya untuk bagian frekuensi menunjukkan bahwa dengan beban yang diberikan sebesar 3.3kOhm jumlah frekuensi yang dihasilkan adalah 377.73 lebih kecil daripada ketika diberi beban 330kOhm jumlah frekuensi yang dihasilkan adalah 384.87, hal ini menunjukkan bahwa semakin besar beban yang diberikan maka tegangan yang dihasilkan oleh generator akan semakin kecil, berbanding terbalik dengan pengaruh pembebanan terhadap frekuensi keluaran dimana semakin besar beban yang diberikan maka frekuensi yang dihasilkan akan besar.

Kata Kunci – Analisis Variance, Frekuensi, Generator, Regresi linier, Tegangan

I. PENDAHULUAN

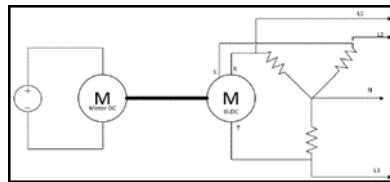
Pada jaman sekarang ini, sumber tegangan listrik merupakan kebutuhan penting bagi keberlangsungan hidup manusia, oleh karena itu kualitas dari sumber daya listrik adalah hal penting yang harus di perhatikan. Istilah kualitas daya listrik sendiri merupakan sebuah konsep yang menggambarkan tentang baik buruknya mutu daya listrik yang di akibatkan adanya berbagai gangguan yang terjadi pada sistemnya. Daya listrik dikatakan baik kualitasnya jika arus, tegangan dan frekuensinya selalu konstan, namun pada kenyataannya tidak demikian [1]. Dengan perkembangan teknologi yang semakin pesat, berbagai jenis gangguan terhadap system tenaga listrik semakin beragam yang dapat menimbulkan berbagai kerusakan terutama bagi peralatan elektronik.

Penggunaan generator sebagai sumber daya listrik sudah merupakan hal yang umum, [2] mengungkapkan generator induksi dapat dioperasikan menggunakan motor induksi 3 fasa, disamping harga yang lebih murah, konstruksi sederhana juga kemudahan dalam mengoprasikannya [3]. Namun tetap saja penggunaan generator jenis ini tidak lepas dari masalah, [4] menjelaskan bahwa generator 3 fasa yang tereksitasi diri dapat menghasilkan harmonik, dimana harmonik merupakan deretan gelombang arus atau tegangan yang frekuensinya merupakan kelipatan bilangan bulat dari frekuensi dasar arus atau tegangan itu sendiri. Adanya harmonik ini dapat mempengaruhi faktor daya dan kinerja dari peralatan-peralatan listrik yang terpasang pada sistem, terutama pada sumber penghasil energi listrik itu sendiri yaitu generator [5]. Hal ini akan berdampak terhadap kondisi tegangan dan frekuensi dari generator itu sendiri. Oleh karena itu, dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh

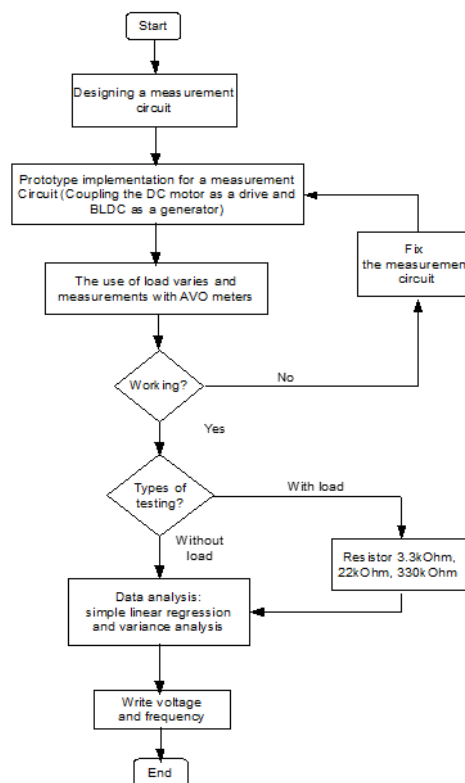
dari pembebanan terhadap tegangan dan frekuensi motor generator yang dibantu dengan analisa perhitungan menggunakan regresi linier sederhana dan analisis variance (ANAVA).

II. METODELOGI

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah power supply sebagai sumber tegangan dari simulasi yang akan dilakukan, oscilloscope sebagai alat untuk melihat hasil output frekuensi, AVO meter sebagai alat ukur untuk tegangan, motor DC digunakan sebagai penggerak yang dikopel dengan motor BLDC yang akan menghasilkan tegangan (generator) dan resistor yang bervariasi sebagai beban dari rangkaian generator 3 fasa. Rangkaian dijalankan dengan variasi dari sumber tegangan yang berbeda-beda terhadap generator, yang selanjutnya ditambahkan beban berupa resistor pada output generator. Hal ini dapat dilihat pada rangkaian Gambar 1:



Gambar 1. Rangkaian pengukuran pengaruh pembebanan terhadap generator tiga fasa



Gambar 2. Langkah pengujian

Hasil data dari pengukuran yang telah dilakukan akan diolah untuk dilihat hasil pengaruhnya dengan menggunakan teknik analisa data regresi linier sederhana dan analisis variance (ANAVA). Dimana kedua teknik analisis data tersebut dapat dijelaskan secara sederhana sebagai berikut:

A. Regresi linier sederhana

Regresi Linear Sederhana adalah Metode Statistik yang berfungsi untuk menguji sejauh mana hubungan sebab akibat antara Variabel Faktor Penyebab (X) terhadap Variabel Akibatnya (Y) [11].

Model persamaan regresi linear sederhana adalah sebagai berikut:

$$Y = a + bx$$

Dimana Y adalah Variabel response atau variabel akibat (Dependent), X adalah Variabel predictor atau variabel faktor penyebab (Independent), dan a adalah konstanta, b adalah koefisien regresi (kemiringan); besaran response yang ditimbulkan oleh predictor.

B. Analisis Variance (ANOVA)

Teknik ini pada dasarnya adalah teknik matematika untuk memisahkan komponen-komponen variasi dalam suatu set hasil penelitian [12]. Adapun karakteristik yang harus dianalisis adalah jumlah kuadrat (Sum of Square), Derajat Kebebasan, rata-rata kuadrat, dan perbandingan nilai F. Pengujian hipotesis dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan Fhitung dengan Ftabel dengan derajat kebebasan yaitu:

$$dk \text{ pembilang} = k - 1$$

$$dk \text{ penyebut} = n - k$$

Dimana k adalah banyaknya group dan n adalah jumlah seluruh sampel. Kriteria pengujian hipotesis adalah sebagai berikut:

Fhitung \geq Ftabel maka Ho ditolak dan HA diterima.

Fhitung $<$ Ftabel maka Ho diterima HA ditolak.

III. HUBUNGAN ANTARA TEGANGAN DAN FREKUENSI DENGAN BEBAN

Tegangan (V) merupakan beda potensial listrik diantara dua titik dalam rangkaian listrik dan dinyatakan dalam satuan volt [6]. Dimana besaran ini mengukur energy potensial dari sebuah medan listrik yang mengakibatkan adanya aliran listrik dalam sebuah konduktor listrik [7].

Tahanan / beban (R) merupakan komponen elektronik yang memiliki dua saluran untuk menahan arus listrik (I) dengan memproduksi penurunan tegangan diantara kedua salurannya sesuai dengan arus yang mengalirinya [8]. Adapun penjelasan ini dapat digambarkan dalam bentuk formulasi sebagai berikut:

$$R = \frac{V}{I} \quad R = \frac{V^2}{P} \quad R = \frac{P}{I^2}$$

Frekuensi (f) merupakan jumlah getaran yang terjadi dalam waktu satu detik atau dapat juga digambarkan dengan banyak gelombang atau getaran listrik yang dihasilkan tiap detik [9]. jika kecepatan perputaran sudut dinyatakan dengan ω , maka frekuensinya akan sama dengan kecepatan sudut dibagi dengan besarnya sudut satu putaran penuh (2π) [10] atau dapat digambarkan dengan formulasi sebagai berikut:

$$f = \frac{\omega}{2\pi} \rightarrow \omega = 2\pi f$$

IV. PERANCANGAN DAN TEKNIK ANALISIS DATA

A. Hipotesis Penelitian

1. Uji kolom untuk tegangan input

Ho: Tidak terdapat indikasi bahwa variasi tegangan input mempengaruhi nilai tegangan output pada motor generator 3 fasa.

HA: Terdapat indikasi bahwa variasi tegangan input mempengaruhi nilai tegangan output pada motor generator 3 fasa.

2. Uji baris untuk pengaruh pembebanan terhadap tegangan output

Ho: Tidak terdapat indikasi bahwa pembebanan mempengaruhi nilai tegangan output pada motor generator 3 fasa.

HA: Terdapat indikasi bahwa pembebanan mempengaruhi nilai tegangan output pada motor generator 3 fasa.

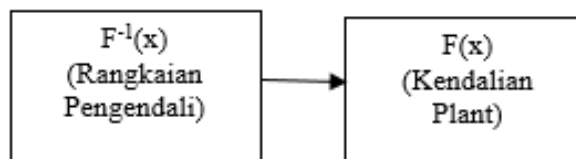
3. Uji baris untuk pengaruh pembebanan terhadap frekuensi output

Ho: Tidak terdapat indikasi bahwa pembebanan mempengaruhi nilai frekuensi output pada motor generator 3 fasa.

HA: Terdapat indikasi bahwa pembebanan mempengaruhi nilai frekuensi output pada motor generator 3 fasa.

B. Perancangan Sistematis

Dalam penelitian ini, perancangan secara sistematis yang akan dihasilkan adalah sebagai berikut:



Untuk bagian $F^{-1}(x)$ dilakukan sebagai simulasi saja. Adapun Teknik analisis data yang digunakan adalah regresi linear sederhana dan analisis variance.

V. HASIL DAN DISKUSI

A. Hasil Pengukuran

Hasil pengukuran tegangan output pada motor generator 3 fasa dengan tegangan input yang bervariasi. Adapun dari hasil pengukuran diperoleh data sebagai berikut.

Tabel 1: Hasil pengukuran pengaruh beban terhadap Tegangan Output

P	V_{Reff} (V)	Tegangan Output (V_{rms})				Jumlah Baris
		Pembebanan ($R=\Omega$)				
		0	330K	22K	3,3K	
1	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	4,00	0,89	0,52	0,53	0,55	2,49
5	5,00	1,37	0,80	0,83	0,85	3,85
6	6,00	1,84	1,01	1,11	1,11	5,07
7	7,00	2,29	1,14	1,38	1,39	6,20
8	8,00	2,75	1,57	1,65	1,65	7,62

9	9,00	3,22	1,91	1,89	1,91	8,93
10	10,00	3,65	1,92	2,18	2,20	9,95
11	11,00	4,13	2,18	2,44	2,46	11,21
12	12,00	4,58	2,50	2,67	2,72	12,47
Jumlah Kolom		24,72	13,55	14,68	14,84	67,79

Tabel 2: Hasil pengukuran pengaruh beban terhadap Frekuensi Output

P	V _{Reff} (V)	Frekuensi Output (Hz)				Jumlah Baris
		Pembebanan (R=Ω)				
		0	330K	22K	3,3K	
1	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	4,00	14,60	16,00	15,65	15,65	61,90
5	5,00	21,40	23,13	22,22	22,27	89,02
6	6,00	27,80	30,03	29,07	28,25	115,15
7	7,00	34,13	35,00	36,04	35,21	140,38
8	8,00	40,73	43,20	42,40	41,93	168,26
9	9,00	47,62	49,63	48,90	48,31	194,46
10	10,00	53,91	55,87	56,18	55,25	221,21
11	11,00	60,98	62,00	62,89	62,05	247,92
12	12,00	67,57	70,01	69,36	68,81	275,75
Jumlah Kolom		368,74	384,87	382,71	377,73	1514,05

Dapat dilihat pada tabel diatas digunakan 4 nilai tahanan (resistor) untuk pembebanan pada tegangan outputnya yaitu sebesar 0 Ω; 3,3 KΩ; 22 KΩ dan 330 KΩ.

B. Hasil Perhitungan Daya Input

Hasil perhitungan daya yang digunakan sebagai input pada motor generator 3 fasa diperoleh data sebagai berikut.

Tabel 3: Hasil perhitungan Daya Input

P	V _{Reff} (V)	Arus (A)	Daya Input (Watt)
1	1,00	0,17	0,17
2	2,00	0,37	0,74
3	3,00	0,35	1,05
4	4,00	0,36	1,44
5	5,00	0,38	1,9
6	6,00	0,39	2,34
7	7,00	0,41	2,87
8	8,00	0,42	3,36
9	9,00	0,43	3,87
10	10,00	0,45	4,5
11	11,00	0,46	5,06
12	12,00	0,48	5,76

C. Pengolahan Data Regresi Sederhana

Tabel 4: Regresi sederhana pengaruh beban terhadap Tegangan Output

X1 (Inde)	Y (Dep)	X1²	Y²	X1.Y
Vreff(V)	Vrms (V)			
1,00	0,00	1,00	0,00	0
2,00	0,00	4,00	0,00	0
3,00	0,00	9,00	0,00	0
4,00	0,55	16,00	0,14	1,52
5,00	0,85	25,00	0,37	3,05
6,00	1,11	36,00	0,71	5,04
7,00	1,39	49,00	1,10	7,35
8,00	1,65	64,00	1,74	10,56
9,00	1,91	81,00	2,37	13,86
10,00	2,20	100,00	3,20	17,9
11,00	2,46	121,00	4,08	22,22
12,00	2,72	144,00	5,02	26,88
78,00	11,79	650,00	18,74	108,38

Dengan menggunakan perhitungan regresi linier, fungsi pembebanan terhadap tegangan output motor generator 3 fasa (F(x)) adalah:

$$Y = -0,52 + 0,27X1$$

Sedangkan $F^{-1}(x)$ adalah:

$$X1 = \frac{Y + 0,52}{0,27}$$

Tabel 5. Regresi sederhana pengaruh beban terhadap Frekuensi Output

X1 (Inde)	Y (Dep)	X1²	Y²	X1.Y
Vreff(V)	f (Hz)			
1,00	0,00	1,00	0,00	0,00
2,00	0,00	4,00	0,00	0,00
3,00	0,00	9,00	0,00	0,00
4,00	15,65	16,00	133,40	46,20
5,00	22,27	25,00	311,52	88,25
6,00	28,25	36,00	596,82	146,58
7,00	35,21	49,00	922,94	212,66
8,00	41,93	49,00	1355,71	257,74
9,00	48,31	64,00	1878,36	346,72
10,00	55,25	81,00	2510,01	450,90
11,00	62,05	100,00	3180,96	564,00
12,00	68,81	121,00	3994,24	695,20
45,00	249,86	415,00	12919,28	2314,56

Dengan menggunakan perhitungan regresi linier, fungsi pembebanan terhadap frekuensi output motor generator 3 fasa (F(x)) adalah:

$$Y = 0,05 + 5,59X1$$

Sedangkan $F^{-1}(x)$ adalah:

$$X1 = \frac{Y-0,05}{5,56}$$

D. Analisis Variance (ANAVA) untuk Tegangan Output

Pengolahan data menggunakan metoda *Analisis of Variance (Anova)* dengan desain blok lengkap random. Didapatkan hasil data seperti pada Table 4.6:

Tabel 4.6: Tabel hasil perhitungan manual ANAVA

	df	ss	ms	fp	ft (1%)	ft (5%)
v	11	23,41	2,13	478,56	3,44	2,56
r	2	0,04	0,02	4,1	5.72	3.44
e	18	0,1	0,00	-	-	-
t	29	23,54	-	-	-	-

Pada table diatas, df adalah degree of freedom, ss adalah sum of squares, ms adalah mean of squares, fp adalah f pengukuran, ft adalah f tabel, v adalah tegangan input, r adalah tahanan, e adalah error dan t adalah total.

E. Analisis Variance (ANAVA) untuk Frekuensi Output

Pengolahan data menggunakan metoda *Analisis of Variance (Anava)* dengan desain blok lengkap random. Didapatkan hasil data seperti pada Table 4.7:

Tabel 4.7: Tabel hasil perhitungan manual ANAVA

	df	ss	ms	fp	ft (1%)	ft (5%)
v	11	$2,7 \times 10^7$	$2,5 \times 10^5$	8,7	3,44	2,56
r	2	$1,4 \times 10^7$	7×10^7	24,6	2,26	2,22
e	18	$6,2 \times 10^6$	3×10^5	-	-	-
t	29	$2,3 \times 10^7$	-	-	-	-

F. Analisis Data

Dari hasil perhitungan diperoleh hasil perhitungan nilai F untuk tegangan output yakni Ftahanan = 18,13; $F_{V_{reff}} = 40,06$ dan untuk frekuensi output yakni Ftahanan = 17,74; $F_{V_{reff}} = 10003,21$. Berdasarkan kriteria pengujian hipotesis diperoleh:

a. Uji kolom untuk Tegangan Input

$(F_{hitung}=40,06) \geq (F_{tabel\ 0,01}= 3,44)$ dan $(F_{hitung}=40,06) \geq (F_{tabel\ 0,05}= 2.56)$ maka H_0 ditolak dan H_A diterima, artinya terdapat indikasi bahwa variasi tegangan input mempengaruhi nilai tegangan output pada motor generator 3 fasa..

b. Uji baris untuk Pembebanan Terhadap Tegangan Output

$(F_{hitung}=18,13) \geq (F_{tabel\ 0,01}= 5,72)$ dan $(F_{hitung}=18,13) \geq (F_{tabel\ 0,05}= 3,44)$ maka H_0 ditolak dan H_A diterima, artinya Terdapat indikasi bahwa pembebanan mempengaruhi nilai tegangan output pada motor generator 3 fasa.

c. Uji baris untuk Pembebanan Terhadap Frekuensi Output

$(F_{hitung}=17,74) \geq (F_{tabel\ 0,01}= 2,26)$ dan $(F_{hitung}=17,74) \geq (F_{tabel\ 0,05}= 3,22)$ maka H_0 ditolak dan H_A diterima, artinya terdapat indikasi bahwa pembebanan mempengaruhi nilai frekuensi output pada motor generator 3 fasa.

VI. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Fungsi hubungan tegangan input motor dan tegangan output merupakan fungsi linier meningkat. Sehingga semakin besar input yang diberikan dimana putaran motor semakin cepat maka hasil tegangan output (V_{rms}) pada motor generator akan semakin naik.
2. Terdapat perbedaan rata-rata pembebanan terhadap tegangan output motor generator 3 fasa untuk tegangan input yang bervariasi atau terdapat pengaruh dari pembebanan motor generator 3 fasa, dimana daya yang semakin besar menyebabkan turunnya tegangan yang dikeluarkan oleh motor generator sedangkan untuk bagian frekuensi akan semakin besar, hal ini terlihat ketika beban yang diberikan sebesar 330kOhm dan tegangan 12V output tegangan yang dihasilkan menurun dari beban yang lebih kecil dan frekuensi malah lebih besar.
3. Dari hipotesis penelitian terbukti bahwa pembebanan yang diberikan pada motor generator 3 fasa mempengaruhi tegangan dan frekuensi hasil keluaran dari motor generator.

Untuk penelitian selanjutnya diharapkan data hasil pengukuran dapat diolah dengan menggunakan metode analisis yang lebih baik, hal ini dapat terlihat dari perbedaan nilai hasil pengukuran yang signifikan dan dengan pengolahan data yang lebih sederhana namun hipotesis yang dihasilkan lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Z. a. M. L. Wang, "Stability Analysis of Weak Rural Electrification Microgrids with Droop-Controlled Rotational and Electronic Distributed Generators," IEEE Power & Energy Society General Meeting, 2015.
- [2] B. e. a. Wen, "Impedance-Based Analysis of Grid-Synchronization Stability for Three-Phase Paralleled Converters," IEEE Transactions on Power Electronics 31.1, pp. 26-38, 2016.
- [3] D. W. B. B. D. M. P. & X. Y. Dong, "Analysis of Phase-Locked Loop Low-Frequency Stability in Three-Phase Grid-Connected Power Converters Considering Impedance Interactions," IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 62(1), pp. 310-321, 2015.
- [4] K. & L. A. Makowski, "Analysis of Self-Excitation and Performance Characteristics of a Single-Phase Self-Excited Induction Generator by Field-Circuit Method," COMPEL: The International Journal for Computation and Mathematics in Electrical and Electronic Engineering, vol. 35(1), pp. 200-224, 2016.
- [5] Y. L. M. Z. X. G. J. M. & X. L. Han, "Comparative Performance Evaluation of Orthogonal-Signal-Generators-Based Single-Phase PLL Algorithms," IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 31(5), pp. 3932-3944, 2016.
- [6] P. M. & B. V. B. Meshram, "A Simplified Nearest Level Control (NLC) Voltage Balancing Method for Modular Multilevel Converter (MMC)," IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 30(1), pp. 450-462, 2015.
- [7] S. R. M. F. E. G. & K. A. Kvatinsky, "VTEAM: A General Model for Voltage-Controlled Memristors," IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs, vol. 62(8), pp. 786-790, 2015.
- [8] K. T. F. N. S. A. A. H. L. & N. H. P. (. Ilves, "A Submodule Implementation for Parallel Connection of Capacitors in Modular Multilevel Converters," IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 30(7), pp. 3518-3527, 2015.

- [9] D. F.-G. B. & U. I. Filipović-Grčić, "High-frequency model of the power transformer based on frequency-response measurements," *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 30(1), pp. 34-42, 2015.
- [10] F. W. C. M. J. & S. Y. D. Guo, "Distributed Secondary Voltage and Frequency Restoration Control of Droop-Controlled Inverter-Based Microgrids," *IEEE Transactions on industrial Electronics*, vol. 62(7), pp. 4355-4364, 2015.
- [11] P. C. & S. E. W. Austin, "The Number of Subjects per Variable Required in Linear Regression Analyses," *Journal of clinical epidemiology*, vol. 68(6), pp. 627-636, 2015.
- [12] P. & J. M. Ray, "Mean-Variance Analysis of Sourcing Decision Under Disruption Risk," *European Journal of Operational Research*, vol. 250(2), pp. 679-689, 2016.