

SIMULASI OUTPUT GENERATOR DC PADA PERUBAHAN KECEPATAN ANGIN DI KOTA SEMARANG PADA APLIKASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN

Muhammad Amiruddin¹, Satrio Heru Prabowo², Margono³

^{1,2,3}*Jurusan Teknik Elektro, Fakultas TEKNIK, Universitas PGRI Semarang*

Gedung Pusat Lantai 7, Kampus 1 Jl. Sidodadi Timur No.24, Semarang – Indonesia 50124

E-mail :

Amiruddin.muhammad@yahoo.com¹, Satrioheruprabowo9@gmail.com², margono.27@gmail.com³

Abstrak

Energi merupakan kebutuhan yang sangat penting bagi manusia untuk tetap bertahan di bumi. Sumber energi terbagi menjadi dua yakni sumber energi terbarukan dan sumber energi tidak terbarukan. kebutuhan energi yang semakin meningkat tidak sebanding dengan pasokan sumber energi tidak terbarukan yang ada (bahan bakar fosil). Salah satu alternatif untuk mengatasi krisis energi tersebut adalah dengan memanfaatkan sumber energi terbarukan, salah satunya dengan tenaga angin.

Penelitian ini mensimulasikan tegangan output generator Dc Shunt diawali dengan pengambilan data angin di kota Semarang tahun 2018 kemudian di konversi menjadi kecepatan sudut rotor generator dengan rentang nilai 10.033-13.7662 rps, Pemodelan matematis digunakan untuk simulasi dengan perangkat lunak. Hasil simulasi tersebut adalah tegangan output generator Dc shunt dengan rentang nilai 67,75 volt – 91,04 volt, dengan tegangan rata-rata 78,5 volt. Antara hasil simulasi dan pengujian riil generator terdapat rata-rata eror 8%.

Kata Kunci: *Pembangkit listrik tenaga angin, generator dc shunt*

I. PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Mengingat Indonesia merupakan negara yang sangat besar memiliki potensi tenaga angin menjadikan pembangkit listrik tenaga angin menjadi salah satu solusi yang tepat dalam mengatasi masalah keterbatasan energi. Kualitas daya listrik merupakan masalah yang ditemui dalam pembangkit listrik tenaga angin. Masalah tersebut dapat berupa penyimpangan tegangan, arus maupun frekuensi yang dapat menyebabkan kegagalan ataupun kesalahan operasi pada peralatan-peralatan konsumen energi listrik. Salah satu elemen yang penting dalam sistem pembangkitan listrik yaitu generator. Dalam penelitian ini dilakukan simulasi dan analisa hasil pengendalian wind turbine induction generator.

Energi merupakan kebutuhan yang sangat penting bagi manusia untuk tetap bertahan di bumi. Sumber energi terbagi menjadi dua yakni sumber energi terbarukan dan sumber energi tidak terbarukan. kebutuhan energi yang semakin meningkat tidak sebanding dengan pasokan sumber energi tidak terbarukan yang ada (bahan bakar fosil). Salah satu alternatif untuk mengatasi krisis energi tersebut adalah dengan memanfaatkan sumber energi terbarukan, salah satunya dengan tenaga angin. Di Indonesia pembangkit listrik tenaga angin banyak

dimanfaatkan di bidang perikanan dan pertanian. tenaga angin dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin sehingga energi listrik yang timbul dapat membuat pompa mengaliri tambak maupun sawah petani dan dapat menghidupkan lampu di area tambak maupun sawah.

Angin dapat dimanfaatkan sebagai salah satu sumber pembangkit tenaga listrik. Mengingat Indonesia merupakan negara yang sangat besar memiliki potensi tenaga angin menjadikan pembangkit listrik tenaga angin menjadi salah satu solusi yang tepat dalam mengatasi masalah keterbatasan energi. salah satu keuntungan menggunakan tenaga angin adalah sumber energi tersebut merupakan sumber energi yang ramah lingkungan dan ketersediaannya melimpah. Makalah sebaiknya disusun dengan urutan topik bahasan sebagai berikut.

2. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian dari tugas akhir Simulasi Output Generator DC pada perubahan kecepatan angin di kota Semarang pada Aplikasi pembangkit listrik tenaga angin adalah sebagai berikut:

1. Menampilkan hasil perhitungan matematis dari generator dc pada matlab simulink.
2. Membuat simulink keluaran generator dc terhadap perubahan kecepatan angin.

3. Hasil Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan oleh Nuraini Priyaningsih (2017) yang berjudul " Analisis Efisiensi Generator pada Wind Turbine". Metode dalam penelitian ini adalah dengan menganalisis kebutuhan sistem perencanaan konsep alat dan pengidentifikasian kebutuhan sistem. Identifikasi kebutuhan sistem dalam penelitian ini meliputi verifikasi potensi kecepatan dan arah angin, rencana penggunaan beban, generator yang digunakan dan tahap uji generator. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan bahwa daya input yang dihasilkan pada kincir angin ini adalah 59,67 watt sampai 201,90 watt dan daya output yang di hasilkan pada kincir angin 2,42 watt sampai 22,22 watt. Efisiensi generator maksimum dan minimum yang di hasilkan berturut-turut adalah 20,68% dan 3,10%. Hal ini menunjukkan bahwa generator yang digunakan sudah efisien. (Nuraini Priyaningsih, Nurhening Yuniarti, 2017, hal. 157).

II. METODOLOGI PENELITIAN

1. Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan kuantitatif. Pada penelitian ini untuk mengamati proses penyimulasian keluaran generator dc pada perubahan kecepatan angin di kota Semarang. Dalam hal ini ada tahap yang peneliti lakukan agar memperoleh hasil, yaitu:

1. Mengukur Ra dan La dengan RLC meter
2. Pengukuran Arus jangkar motor (I_a)
3. Pengukuran Arus motor (I motor)
4. Pengukuran Tegangan motor (V motor)
5. Perhitungan P motor
6. Pengukuran kecepatan putar motor (ω)
7. Perhitungan Torsi motor
8. Mencari perhitungan nilai Tegangan jangkar (E_a)
9. Menghitung Konstanta tegangan generator (K_a) $E_a = K_a \cdot \omega$
10. Menghitung Konstanta torsi generator (K_b) $\tau = K_b \cdot I_a$
11. Mencari Momen Inersia motor
12. Memperkirakan Nilai Koefisien gesek
13. Memasukkan nilai parameter tersebut ke fungsi alih
14. Mensimulasikan ke Matlab.
15. Membandingkan hasil Simulasi.

2. Persamaan Matematika

$$Vt_{(t)} = Ea_{(t)} - (Ia_{(t)} Ra + La \frac{dl}{dt} (t)) \quad (1)$$

$$Ea_{(t)} = Ka \Theta \omega_{(t)} = Ka \omega_{(t)} \quad (2)$$

$$\tau_{(t)} = \pi \Theta Ia_{(t)} = Kb Ia_{(t)} \quad (3)$$

$$\tau_{(t)} = I_{(t)} \frac{d\omega}{dt} + Mg \omega_{(t)} \quad (4)$$

$$\tau_{(s)} = I_{(s)} S \omega_{(s)} + Mg \omega_{(s)} \quad (5)$$

$$\frac{Vt_{(s)}}{\omega_{(s)}} = \left(Ka - \frac{(Is+mg)(Ra+las)}{Kb} \right) \quad (6)$$

3. Cara Perujukan dan Pengutipan

Untuk menentukan besarnya nilai tegangan output sesuai dengan beban yang diberikan pada generator DC shunt ini adalah dengan cara meletakkan garis drop voltage $I_a R_a$ agar ujung – ujungnya cocok / fits dengan kurva magnetisasi dan kurva resistansi. Yang dimana seluruh kemungkinan nilai E_a merupakan kurva magnetisasi, sedangkan seluruh kemungkinan nilai tegangan terminal V_t adalah kurva resistansi. [1]

Dalam gerak rotasi “massa” benda tegar dikenal dengan julukan momen inersia atau MI. Momen inersia dalam gerak rotasi mirip dengan massa dalam gerak lurus. Kalau massa dalam gerak lurus menyatakan ukuran kemampuan benda untuk mempertahankan kecepatan linier (kecepatan linier = kecepatan gerak benda lintas pada lintas lurus), maka momen inersia dalam gerak rotasi menyatakan ukuran kemampuan benda untuk mempertahankan kecepatan sudut (kecepatan sudut = kecepatan gerak benda ketika melakukan gerak rotasi. Disebut sudut karena dalam gerak rotasi, benda bergerak mengitari sudut). Makin besar momen inersia suatu benda, semakin sulit membuat benda itu berputar atau berotasi. Sebaliknya, benda yang berputar juga sulit dihentikan jika momen inersianya besar. [2]

Kecepatan sudut adalah perubahan posisi sudut benda yang bergerak melingkar tiap satu satuan waktu. Kecepatan sudut disebut juga dengan kecepatan angular dan disimbolkan ω (omega). Kecepatan sudut dalam gerak melingkar adalah analog dengan kecepatan linear dalam gerak lurus.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Penelitian

Pada hasil penelitian ini bertujuan untuk melihat keluaran tegangan Generator Dc hasil pengukuran yang didapat menggunakan pembangkit listrik tenaga angin. Penelitian ini yang dilihat adalah tegangan keluaran generator Dc, arus dan putaran turbin angin yang didapat dari pengujian alat pembangkit listrik tenaga angin yang menggunakan generator Dc. Hasil pengukuran diperoleh dengan mengamati hasil pengukuran tegangan, arus dan putaran turbin. Pada pengujian pembangkit listrik tenaga angin menggunakan alat sebagai berikut: Turbin angin, Generator Dc, multimeter, RLC meter, Tachometer. Selanjutnya dari kecepatan angin, arus, tegangan, dan putaran generator Dc yang dihasilkan menggunakan alat tersebut.

3.2 Analisis Data Kecepatan Angin

Untuk bisa Melihat data keluaran generator dc, maka peneliti harus mendapatkan data kecepatan angin, dan data ini diperoleh dari BMKG kota Semarang yang diambil selama satu tahun.

Tabel 3.1 Data Konversi Kecepatan Angin

NO	BULAN	ARAH	KECEPATAN ANGIN		TURBIN
			(KM/JAM)	(M/S)	
1	JAN	NW	20,52	5,7	13,3
2	FEB	W	19,8	5,5	12,83333333
3	MAR	NW	15,84	4,4	10,26666667
4	APR	N	17,64	4,9	11,43333333
5	MEI	E	21,24	5,9	13,76666667
6	JUN	NW	18,36	5,1	11,9
7	JUL	E	17,64	4,9	11,43333333
8	AGU	NW	19,08	5,3	12,36666667
9	SEP	E	18,36	5,1	11,9
10	OKT	NW	18,72	5,2	12,13333333
11	NOV	NW	16,92	4,7	10,96666667
12	DES	N	15,48	4,3	10,03333333

Catatan : W = Barat

NW = Barat Laut

N = Utara

E = Timur

S = Selatan

SE = Tenggara

1 Meter Perdetik = 3,6km/jam

Sumber : (BMKG) badan meteorologi klimatologi dan Geofisika Stasiun Klimatologi Semarang

3.3 Parameter Generator DC

Data parameter yang digunakan pada penelitian ini adalah Generator dc, dengan data teknis ditampilkan pada tabel berikut:



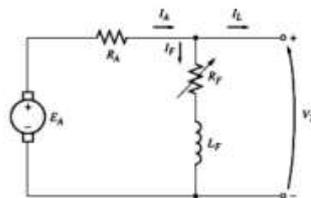
Gambar 3.1 Fisik Generator Dc di Laboratorium Elektro

- $Daya = \tau \times \omega$
 $V_{motor} \times I_{motor} = \tau \times \omega$
 $\tau = (V_{motor} \times I_{motor}) / \omega$
 $= 1.89 \text{ Nm}$
- $V_t = E_a - I_a \cdot R_a$
 $100 = E_a - 0.2 \cdot 70 \Omega$
 $100 = E_a - 14$
 $E_a = 114 \text{ volt}$
- $\tau = K_b \cdot I_a$
 $1.89 = K_b \cdot 0.2$
 $K_b = 1.89 / 0.2 = 9.45 \text{ Nm/Amp}$
- $E_a = K_a \cdot \omega$
 $114 = K_a \cdot 17$
 $K_a = 114 / 17 = 6.7$
- Momen inersia
 $(1.5 \times 10^{-2})^2$
 $2.25 \times 10^{-4} \times 37.5$
 84.375×10^{-4}
 $= 0.0084375 \text{ kg m/s}$

Tabel 3.2 Data Teknis Parameter Generator Dc

No	Parameter	Simbol	Nilai
1.	Konstanta tegangan jangkar	Ka	6.7
2.	Konstanta Torsi	Kb	9.45 N.m/Amp
3.	Momen Inersia	I	0.0084375 kg m/s
4.	Koefisien gesek	Mg	0.001
5.	Hambatan Jangkar	Ra	70 ohm
6.	Induktansi Jangkar	La	99.5 henry
7.	Kecepatan Sudut	ω	10.003-13.7667 rad/s
8.	Tegangan Output	Vt	100 volt

3.4 Model Rangkaian Equivalent Generator Dc



Gambar 3.2 Rangkaian equivalent Generator Dc shunt

$$Vt_{(t)} = Ea_{(t)} - (Ia_{(t)} Ra + La \frac{dl}{dt} (t))$$

$$Ea_{(t)} = Ka \Theta \omega_{(t)} = Ka \omega_{(t)}$$

ω = Kecepatan sudut (rad/s)

Ka = Konstanta tegangan jangkar

$$\tau_{(t)} = \pi \Theta Ia_{(t)} = Kb Ia_{(t)}$$

Kb = Konstanta Torsi

$$\tau_{(t)} = \text{Torsi}$$

$$\tau_{(t)} = I_{(t)} \frac{dw}{dt} + Mg \omega_{(t)}$$

$$\tau_{(s)} = I_{(s)} S \omega_{(s)} + Mg \omega_{(s)}$$

$$\tau_{(s)} = \omega_{(s)} (I_{(s)} S + mg)$$

$$Vt_{(t)} = Ea_{(t)} - (Ia_{(t)} Ra + La \frac{dl}{dt} (t))$$

$$Vt_{(s)} = Ea_{(s)} - (Ia_{(s)} Ra + Ia \text{ las})$$

$$Vt_{(s)} = Ea_{(s)} - (Ia_{(s)} Ra + \text{las})$$

$$Vt_{(s)} = Ea_{(s)} - (\frac{\tau_{(s)}}{Kb} (Ra + \text{las}))$$

$$Vt_{(s)} = Ka \omega_{(s)} - (\frac{\omega_{(s)} (Is+ma)(Ra+las)}{Kb})$$

$$Vt_{(s)} = \omega_{(s)} (\frac{ka - (Is+mg)(Ra+las)}{Kb})$$

$$\frac{Vt_{(s)}}{\omega_{(s)}} = (Ka - \frac{(Is+mg)(Ra+las)}{Kb})$$

Keterangan:

Ea = Tegangan jangkar (Volt)

τ = Torsi (Nm)

Ra = Tahanan jangkar (Ohm)

La = Induktansi jangkar (Henry)

Ka = Konstanta tegangan jangkar

Kb = Konstanta Torsi (Nm/Amp)

I = Momen Inersia (kg m.s)

Mg = Koefisien Gesek (N)

Ra = Hambatan jangkar (ohm)

La = Induktansi jangkar (henry)

ω = Kecepatan sudut (rad/s)

Vt = Tegangan output (volt)

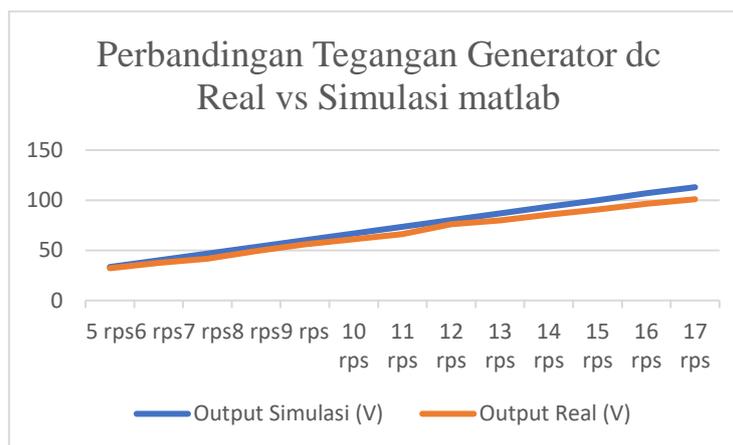
3.4 Hasil perbandingan Simulasi dengan pengukuran real Generator Dc

Dalam pengujian pembangkit listrik tenaga angin yang menggunakan generator DC. Maka dalam pengambilan data penelitian diambil dengan dua perbandingan yaitu pengambilan data secara real dan pengambilan data secara simulasi kemudian hasil tersebut dapat ditentukan berapa persen errornya, data diambil mulai dari kecepatan putar 5 – 17rps dan dapat dilihat dalam Tabel berikut:

Tabel 3.1 Data Perbandingan Tegangan Generator Dc

No.	Kecepatan sudut (ω)	Output Simulasi (V)	Output Real (V)	Error	Error %
1.	5 rps	33,4	32,1	1,3	4%
2.	6 rps	40,15	37,5	2,65	7%
3.	7 rps	46,8	41,5	5,3	11%
4.	8 rps	53,5	49,3	4,2	8%
5.	9 rps	60,2	56,1	4,1	7%
6.	10 rps	66,9	61,2	5,7	9%
7.	11 rps	73,6	66,1	7,5	10%
8.	12 rps	80,3	76,1	4,2	5%
9.	13 rps	87	80	7	8%
10.	14 rps	93,7	85,6	8,1	9%
11.	15 rps	100	90,6	9,4	9%
12.	16 rps	107	96,3	10,7	10%
13.	17 rps	113	101	12	11%
Rata-rata error					8%

Dapat kita lihat dari tabel dan grafik diatas perbandingan yang terjadi dari kecepatan putar generator dc asli dengan yang di simulasikan pada saat pengujian dengan kecepatan putar 5 rps memperoleh tegangan generator dc asli 32,1 volt sedangkan yang simulasi 33,4 volt dengan tingkat error 4% dan dengan kecepatan 17 rps memperoleh tegangan generator dc asli 101 volt sedangkan yang simulasi 113 volt dengan tingkat error 11%, dari data diatas dapat diambil rata-rata tingkat error sebesar 8%.



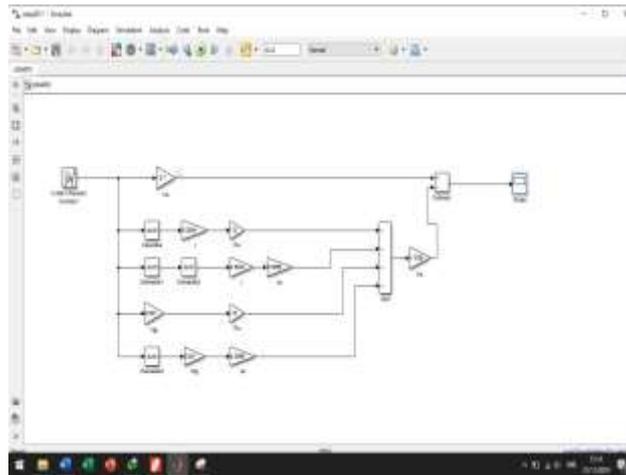
Gambar 3.1 Grafik Hasil Perbandingan Output Generator DC

Dari hasil pengambilan data tersebut maka peneliti dapat memberikan hasil simulasi output generatornya hasil yang diambil dalam simulasi ini menggunakan kecepatan putar 17 rps dengan mendapat tegangan keluaran 113 volt dan data berikutnya hasil dalam pengambilan data juga dilakukan dengan cara yang sama dengan menggunakan kecepatan putar yang berbeda-beda mulai dari 5 rps sampai dengan 17 rps dan mendapatkan hasil

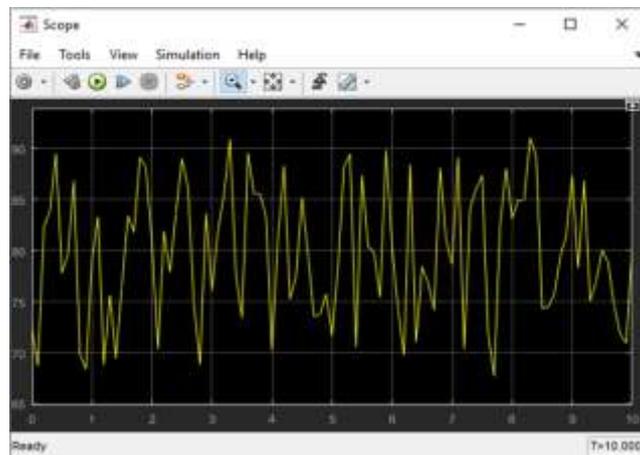
tegangan generator dc dari 33,4 volt sampai dengan 113 volt, dan dalam pengambilan data ini dapat dilihat hasil penyimulasian di matlab seperti yang ada dalam gambar dibawah ini, data ini diambil dari kecepatan putar 17 rps dan mendapatkan hasil tegangan generator dc sebesar 113 volt.

3.5 Hasil Simulasi Generator Dc terhadap Kecepatan angin

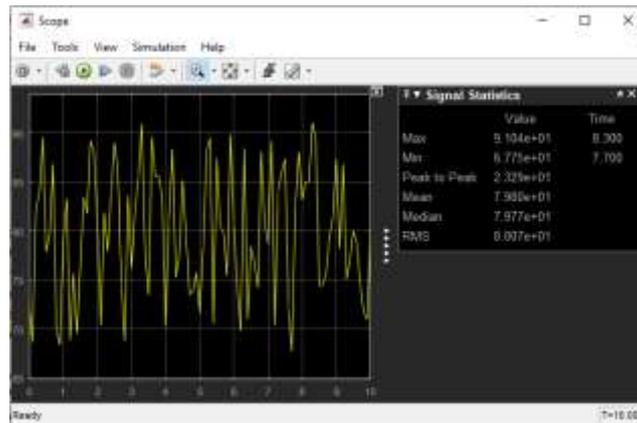
Simulasi sistem Generator dc dilakukan dengan menggunakan matlab simulink yang terintegrasi di dalamnya, simulink generator dc dengan memasukan kecepatan sudut rotor yang berubah-ubah dari 10.033 sampai dengan 13.7667 radian/detik sesuai dengan perubahan kecepatan putar.



Gambar 3.2 Simulasi Generator Dc Terhadap Kecepatan Angin



Gambar 3.3 Hasil Simulasi Kecepatan Angin



Gambar 3.4 Data max,min dan rata-rata kecepatan angin

Dapat kita lihat hasil dari simulasi diatas dari kecepatan angin yang memutar turbin angin menjelaskan pada saat pengujian dengan kecepatan 10.033 sampai dengan 13.7667 rad/s. Dari simulasi diatas kita dapat menentukan tegangan minimum dan maksimum dan hasilnya sebesar 91.04 untuk tegangan maksimalnya dan 67.75 untuk tegangan minimumnya sedangkan rata-rata yang didapat 78.5 volt.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian dan pembahasan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Bahwa Dari hasil pengambilan data tersebut maka peneliti dapat memberikan hasil simulasi output generatormya hasil yang diambil dalam simulasi ini menggunakan kecepatan putar 5-17 rps dengan mendapat tegangan keluaran 32,1 sampai dengan 101 volt.
2. Dari simulasi kecepatan angin yang memutar turbin angin menjelaskan pada saat pengujian dengan kecepatan 10.033 sampai dengan 13.7667 rps. Dari simulasi diatas kita dapat menentukan tegangan minimum dan maksimum dan hasilnya sebesar 91.04 untuk tegangan maksimalnya dan 67.75 untuk tegangan minimumnya sedangkan rata-rata yang didapat 78.5 volt.
3. Antara hasil simulasi dan pengujian riil terdapat error rata-rata sebesar 8%.

VI. REFERENSI

- [1] Syaofi Muttaqin. (TT). Analisis Karakteristik Generator dan Motor DC. Universitas Diponegoro
- [2] Yunginger, Raghel. Nawir dan N Sune. (2015). Analisis Energi Angin Sebagai Energi Alternatif Pembangkit Listrik di Kota Gorontalo. Universitas Gorontalo.
- [3] Saputra, Wan Novri. Dikpride Despa, Noer Soedjarwanto dan Ahmad Saudi Samosir. (2014). Prototype Generator DC Dengan Penggerak Tenaga Angin. Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung: Lampung.
- [4] Padmika, Made. I Made Satriya Wibawa dan Ni Luh Putu Trisnawati. (2017). Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Angin Dengan Turbin Ventilator Sebagai Penggerak Generator. Jurusan Fisika, Universitas Udayana: Bandung.
- [5] Adriani. (2018). Perancangan Pembangkit Listrik Kincir Angin Menggunakan Generator Dinamo Drillini Terhadap Empat Sumbu Horizontal. Program Studi Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makasar, Indonesia: Makasar.
- [6] Lubis, Sudirman. (2018). Analisa Tegangan Keluaran Alternator Mobil Sebagai Pembangkit Energi Listrik Alternatif. Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara: Sumatera Utara.
- [7] Prabowo, D. N., Haddin, M., & Nugroho, D. (2015). REDUKSI HARMONISA DENGAN FILTER AKTIF SHUNT BERBASIS MATLAB/SIMULINK. Media Elekrika, 20-34.
- [8] Nur Irawan, (2013) PEMODELAN KECEPATAN ANGIN RATA-RATA DI SUMENEP MENGGUNAKAN MIXTURE OF ANFIS. Jurusan Statistika, Institut Teknologi Sepuluh Noverber, Surabaya