

OPTIMALISASI PUTARAN GENERATOR PADA TURBIN ANGIN HORIZONTAL MENGUNAKAN TRANSMISI BERTINGKAT

Agus Sukandi¹; Faris Sahrin²; Fadli³; Andi Ulfiana⁴

Jurusan Teknik Mesin Prodi Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Jakarta

Jl. Prof. Dr. G. A Siwabessy, Kampus baru UI, Beji, Kukusan, Kota Depok, Jawa Barat 16424, Indonesia.

Tel: 082298482766, Email: Fadli.0696@gmail.com

ABSTRAK

Salah satu energi alternatif yang dapat digunakan adalah energi angin. Pembangkit listrik tenaga angin merupakan suatu metode untuk membangkitkan energi listrik dengan cara memutar poros turbin dengan memanfaatkan energi angin. Tujuan dari tugas akhir ini adalah menguji dan menganalisa kinerja transmisi bertingkat dengan arduino pada turbin angin horizontal. Dengan mengetahui kecepatan angin tidak selalu tetap, maka dibutuhkan upaya untuk menyesuaikan kecepatan angin dengan turbin angin yaitu dengan menggunakan transmisi bertingkat. Transmisi ini berfungsi untuk mengubah kecepatan dan energi putaran dari gear penggerak menuju ke gear yang digerakkan, pada angin berkecepatan rendah dan putaran turbin rendah turbin angin mampu mempertahankan kerja sehingga energi putaran turbin masih mampu memutar generator. Transmisi ini dilengkapi dengan arduino sebagai penerima inputan berupa rpm untuk memberikan perintah supaya transmisi dapat berpindah dari tingkat ke tingkat berikutnya. Tugas akhir ini diharapkan akan memberikan alternatif energi terbarukan yang dapat menjadi pembelajaran bagi mahasiswa dan sumber energi alternatif bagi masyarakat untuk membuat pembangkit listrik tenaga angin.

Kata kunci: Kecepatan angin, Turbin angin, Transmisi bertingkat

ABSTRACT

One alternative energy that can be used is wind energy. Wind power is a method to generate electrical energy by turning the turbine shaft resulting force form wind energy. The purpose of this final task is to test and analyze the performance of multilevel transmission with arduino in horizontal wind turbine. By knowing fluctuated wind speed, it takes effort to adjust the wind speed with a wind turbine using multilevel transmission. This transmission serves to change the speed and energy of the rotation form the driving gear to the moving gear, at low speed winds and turbine run in low spins, the wind turbine is able to sustain the work so that turbine spin energy is still capable of turning the generator. This transmission is equipped with an arduino as a receiver input in the form of rpm to give commands so that transmission can move from one level to the next level This final project is expected to provide a renewable energy alternative that can be a learning for students and alternative energy sources for the community to create a wind power plant.

Keywords: Wind speed, Wind Turbine, Multi level Transmission

I. PENDAHULUAN

Pemakaian Energi Fosil yang terus meningkat dari waktu ke waktu menjadi perhatian khusus. Sehingga mulai dilakukan cara untuk menghemat energi fosil agar tidak cepat habis. Salah satunya ialah dengan pemanfaatan energi alternatif. Angin ialah salah satu energi alternatif yang sangat melimpah ketersediaannya. Menurut hasil penelitian Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN), dari 166 lokasi yang diteliti, terdapat 35 lokasi yang mempunyai potensi angin yang bagus dengan kecepatan angin diatas 5 meter perdetik pada ketinggian 50 meter. Daerah yang mempunyai kecepatan angin bagus tersebut, diantaranya Nusa Tenggara Barat (NTB), Nusa Tenggara Timur (NTT), pantai selatan jawa dan pantai selatan sulawesi, disamping itu LAPAN juga menemukan 34 lokasi yang kecepatan angin mencukupi dengan kecepatan 4 sampai 5 meter perdetik.[1]

Kebutuhan masyarakat akan energi listrik semakin besar namun semakin terbatasnya energi listrik yang tersedia dan letak suatu aktivitas manusia memerlukan akses yang mudah dan didukung oleh infrastruktur layanan energi listrik. Untuk itu dirasa perlu membuat sebuah inovasi yang dapat membantu kebutuhan listrik dengan memanfaatkan angin. Turbin angin dengan memanfaatkan kecepatan angin untuk dapat memutar kincir/*blade* sehingga dapat diteruskan energinya menjadi energi listrik. Namun laju angin tidak selalu tetap [2]. Maka dibutuhkan alat untuk menyesuaikan hasil energi angin yang didapat dengan laju angin yang selalu berubah-ubah, yaitu dengan memanfaatkan Transmisi bertingkat. Transmisi ini digunakan untuk mengubah kecepatan dan torsi (putaran) dari gigi penggerak menuju ke gigi yang digerakkan. Sehingga pada saat angin dengan kecepatan tinggi dan putaran *blade* tinggi, pada saat yang bersamaan sensor RPM akan mendeteksi putaran generator dan kemudian memberikan perintah pada *motor servo* agar rantai tersebut pindah secara otomatis yang digerakkan oleh motor *servo* menuju ke gigi transmisi kecil yang terhubung pada *generator*, sehingga didapatkan perbandingan *ratio* yang maksimal seperti desain yang terlihat pada Gambar 1. Namun pada saat angin dengan kecepatan rendah dan putaran *blade* rendah, maka sensor rpm memberikan perintah pada *motor servo* untuk memindahkan rantai tersebut ke gigi transmisi besar. Sehingga walaupun dengan kecepatan angin yang rendah, turbin angin masih dapat mempertahankan kerjanya. Sehingga tidak membutuhkan kecepatan angin tinggi untuk menghasilkan energi listrik. Sehingga turbin angin dapat bekerja optimal baik saat angin berkecepatan tinggi maupun rendah.



Gambar. 1 *Design Turbin Angin menggunakan transmisi*

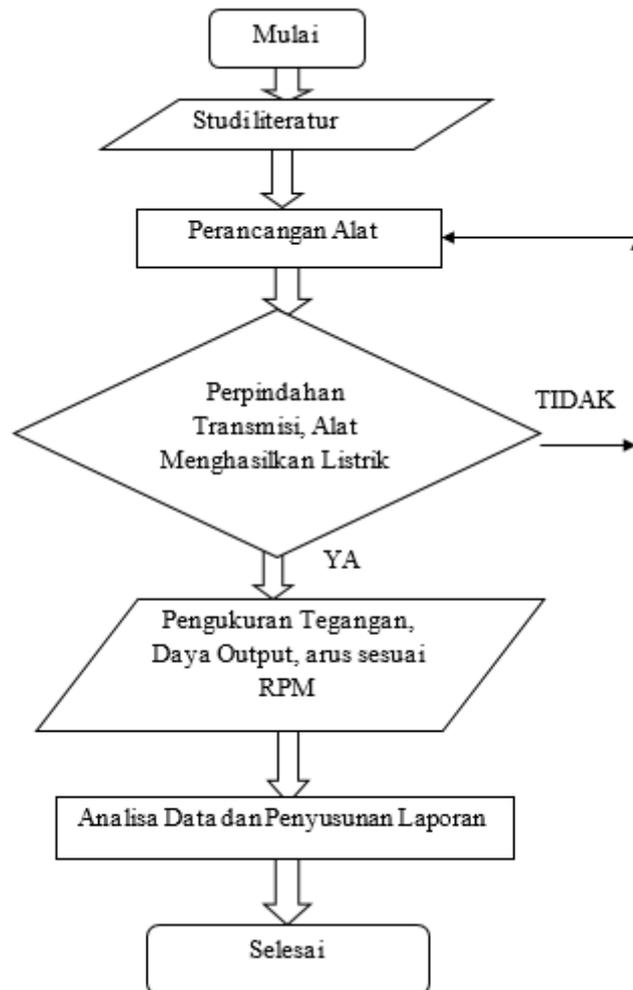
Para peneliti sebelumnya yang telah melakukan kajian tentang turbin angin yaitu melakukan studi eksperimental rancang bangun turbin angin tanpa menggunakan transmisi dengan menghasilkan putaran maksimal *generator* 230 rpm dan daya listrik 1.681 Watt.[3]

Keterbaruan dari penelitian ini adalah penulis ingin mengoptimalkan putaran *generator* dengan menggunakan transmisi bertingkat seperti Gambar 1. Diharapkan hasil dari tugas ini dapat menjadi

pembelajaran bagi mahasiswa dan sumber energi alternatif bagi masyarakat untuk membuat pembangkit listrik tenaga angin.

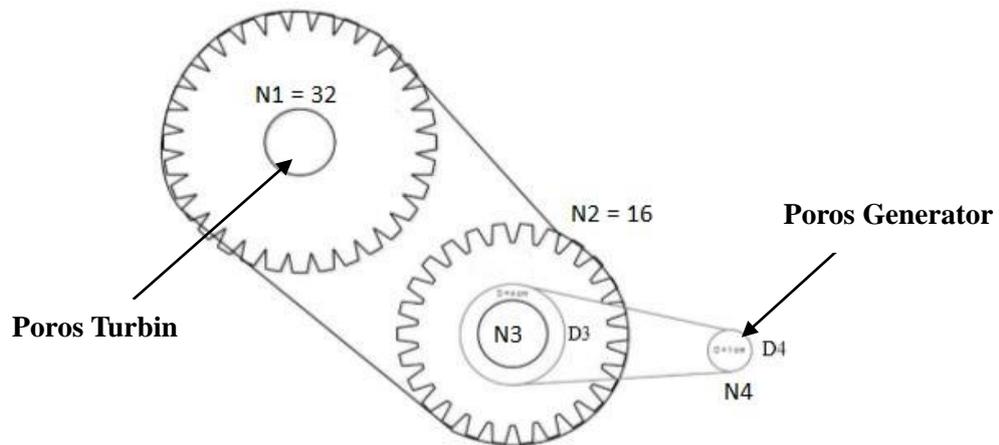
II. METODE PENELITIAN

Keseluruhan sistem dalam pengujian baik komponen dan alat diharapkan dapat terealisasi sesuai rencana. Untuk itu agar mencapai tujuan yang diharapkan, dibuatlah suatu metode yang digambarkan dengan diagram alur di bawah ini:



Gambar 2.1. Flow chart metode penelitian

Persiapan perancangan alat dilakukan dengan mempelajari teori turbin angin. Setelah mempelajari teori turbin angin dari berbagai referensi penelitian terlebih dahulu langkah selanjutnya perancangan model transmisi untuk digunakan pada turbin angin. Penempatan transmisi meliputi pembuatan desain dan pemilihan bahan yang akan digunakan untuk digunakan pada turbin angin. Kemudian pembelian dan penyediaan alat-alat yang akan dibutuhkan seperti *bearing*, rantai, *sprocket*, poros, baut, transmisi bertingkat, *generator*, sensor rpm, motor *servo*, dll.



Gambar. 2.2 Transmisi Daya dari Poros Turbin ke Poros Generator

Pengujian eksperimental transmisi beringkat sebagai optimalisasi putaran pada *generator*, dilakukan pengujian dengan cara menempatkan transmisi bertingkat diantara gigi penggerak yang terhubung pada poros turbin (N_1) dengan gigi yang digerakan yang terhubung dengan poros *generator* (N_4) menggunakan rantai sehingga dapat meningkatkan putaran rpm pada poros *generator* seperti gambar 2. Sedangkan pengujian transmisi pada turbin angin dilakukan pada tempat terbuka di lingkungan kampus Politeknik Negeri Jakarta dengan kecepatan angin rata-rata 1.7 m/s. Bahan yang digunakan untuk alat eksperimental adalah *sprocket* sepeda, rantai, transmisi bertingkat, *bearing*, *generator*, dll. Proses pembuatan alat adalah sebagai berikut :

Pemotongan dudukan poros dan bering sesuai disain rangkaian. Pemasangan *sprocket* gigi 32 pada poros turbin. Pembuatan dudukan transmisi, *shifter*, dan *generator*. Pemasangan rantai pada *sprocket* gigi 32 yang tersambung pada transmisi *generator*. Setelah di uji alat eksperimental transmisi bertingkat sebagai cara untuk meningkatkan putaran pada poros *generator* kemudian yang dilakukan adalah analisis eksperimental turbin angin menggunakan transmisi bertingkat yang meliputi pengambilan data putaran, tegangan dan daya listrik.

Adapun alat ukur yang digunakan dalam pengambilan data adalah *tachometer* untuk melihat hasil putaran poros turbin dan poros *generator*, *voltmeter* digunakan untuk mengetahui tegangan yang dihasilkan, *anemometer* untuk mengukur kecepatan angin. Pengambilan data ini dilakukan di lingkungan sekitar kampus Politeknik Negeri Jakarta. Proses pengambilan data eksperimental dari turbin angin menggunakan transmisi bertingkat adalah mempersiapkan alat eksperimental mempersiapkan *form* pengambilan data yang berisi tabel. Memastikan semua alat ukur bekerja dengan baik tidak lupa untuk mengkalibrasi alat ukur tersebut sehingga didapatkan data yang akurat. Mempersiapkan alat eksperimental, menyambungkan kabel *polaritas voltmeter* pada *generator* mempersiapkan *tachometer* dan *anemometer*. Pengambilan data dilakukan pada waktu siang hari.

Selanjutnya membuat grafik berdasarkan data yang ada untuk mempermudah kegiatan analisis tersebut. Menghitung daya angin (persamaan 3.1) dan daya listrik (3.2) sesuai referensi [3] :

$$P_{in} = \frac{1}{2} \rho A v^3 \dots\dots (3.1)$$

di mana:

P_{in} = Daya angin [Watt]

ρ = Kerapatan angin [kg/m^3]

A = Luas sapuan *blade* rotor turbin [m^2]

v = Kelajuan angin [m/s]

Besarnya daya listrik [3]:

$$P = V.I \dots\dots\dots(3.2)$$

di mana:

P = Daya listrik [Watt]

V = Tegangan [Volt]

I = Arus [Ampere]

untuk mempermudah analisis transmisi pada turbin angin horizontal. berikut rumus-rumus yang digunakan Rasio Kecepatan [4]:

$$V.R. = \frac{N_1}{N_2} = \frac{T_1}{T_2} \dots\dots(3.3)$$

di mana:

N_1 = kecepatan putaran *sprocket* gigi 32 [rpm]

N_2 = kecepatan putaran *sprocket* gigi 26 [rpm]

T_1 = Jumlah gigi pada *sprocket* kecil

T_2 = Jumlah gigi pada *sprocket* besar

Kecepatan linier pada transmisi bertingkat:

Karena *sprocket* gigi 16 dan *sprocket* gigi 26 terhubung pada satu kesatuan. Maka putaran (rpm) dianggap sama [4] jadi :

$$v_1 = v_2$$

$$\omega_1 \cdot R_1 = \omega_2 \cdot R_2$$

$$\frac{2\pi n_1}{60} \cdot R_1 = \frac{2\pi n_2}{60} \cdot R_2$$

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{R_1}{R_2}$$

Maka:

$$n_2 = n_1 \left(\frac{R_2}{R_1} \right) \dots\dots(3.4)$$

$$n_2 = n_1 \left(\frac{65}{74} \right)$$

$$n_2 = 0,8 n_1$$

Maka dapat diketahui rpm pada *sprocket* gigi 26 0,8x lebih besar daripada *sprocket* gigi 16.

di mana:

v_1 = kecepatan linier *sprocket* gigi 32 [m/s]

v_2 = kecepatan linier *sprocket* gigi 26 [m/s]

ω_1 = kecepatan sudut *sprocket* gigi 32 [rad/s]

ω_2 = kecepatan sudut *sprocket* gigi 26 [rad/s]

R_1 = Radius *sprocket* gigi 32 [m]

R_2 = Radius *sprocket* gigi 26 [m]

n_1 = putaran per menit *sprocket* gigi 32 [rpm]

n_2 = putaran per menit *sprocket* gigi 26 [rpm]

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Hasil Uji Pengaruh Penambahan Transmisi Pada Gigi 26

Berdasarkan Tabel 3.1 pengambilan data dengan menggunakan gigi transmisi bertingkat dengan gigi 26. Yang digunakan untuk memutar *generator*. Pada transmisi gigi 26 memiliki putaran minimal 132 rpm dan putaran maksimal 1492 rpm pada poros *generator*.

Tabel. 3.1 Data pada gigi 26

Data Gear 26									
Waktu	V angin (m/s)	RPM Turbin	RPM Generator	Volt (V)	Arus (A)	Daya Listrik (Watt)	Daya Angin (Watt)	Torsi (Nm)	Efisiensi (%)
11.00 – 13.00	0.8	25	132	7	0.7	4.9	0.565	0.215	8.669
	0.9	26	135	7	0.7	4.9	0.805	0.299	6.089
	1	46	244	9	0.9	8.1	1.104	0.227	7.338
	1.1	47	245	9	0.9	8.1	1.469	0.301	5.513
	1.2	47	247	9	0.9	8.1	1.908	0.387	4.246
	1.3	70	370	10	1	10	2.425	0.329	4.123
	1.4	75	396	11	1.1	12.1	3.029	0.384	3.995
	1.4	83	437	13	1.3	16.9	3.029	0.348	5.579
	1.4	86	450	14	1.4	19.6	3.029	0.338	6.471
	1.5	90	473	15	1.5	22.5	3.726	0.395	6.039
	1.5	90	473	15	1.5	22.5	3.726	0.395	6.039
	1.5	91	477	15	1.5	22.5	3.726	0.392	6.039
	1.6	100	526	16	1.6	25.6	4.522	0.431	5.662
	1.7	128	670	17	1.7	28.9	5.423	0.406	5.329
	1.7	133	700	18	1.8	32.4	5.423	0.389	5.974
	1.7	134	702	18	1.8	32.4	5.423	0.460	5.033
	1.8	134	702	18	1.8	32.4	6.438	0.541	4.279
	1.9	175	920	19	1.9	36.1	7.572	0.413	4.768
	1.9	176	923	19	1.9	36.1	7.572	0.411	4.768
	1.9	193	1015	20	2	40	7.572	0.436	4.529
	2	194	1018	20	2	40	8.831	0.435	4.529
	2	194	1018	20	2	40	8.831	0.435	4.529
	2	194	1019	20	2	40	8.831	0.503	3.913
	2.1	194	1020	20	2	40	10.223	0.503	3.913
	2.2	223	1170	21	2.1	44.1	11.754	0.504	3.752
	2.2	229	1201	22	2.2	48.4	11.754	0.491	4.118
	2.2	235	1236	23	2.3	52.9	11.754	0.545	3.939
	2.3	236	1241	23	2.3	52.9	13.431	0.543	3.939
	2.3	283	1487	26	2.6	67.6	13.431	0.453	5.033
	2.5	284	1492	26	2.6	67.6	17.249	0.580	3.919
Rata - rata	1.700	140.565	737.967	16.667	1.667	30.587	6.486	0.416	5.069

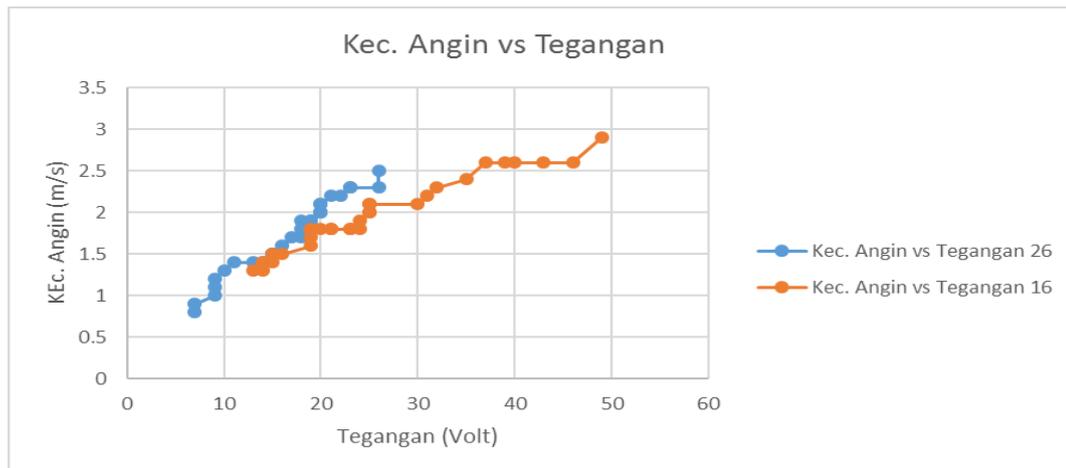
b. Hasil Uji Pengaruh Penambahan Transmisi Pada Gigi 26

Berdasarkan Tabel 3.2 pengambilan data dengan menggunakan gigi transmisi bertingkat dengan gigi 16. Yang digunakan untuk memutar *generator*. Pada transmisi gigi 16 memiliki putaran minimal 443 rpm dan putaran maksimal 1936 rpm pada poros *generator*.

Tabel. 3.2 Data pada gigi 16

Data Gear 16									
Waktu	V angin (m/s)	RPM Turbin	RPM Generator	Volt (V)	Arus (A)	Daya Listrik (Watt)	Daya Angin (Watt)	Torsi (Nm)	Efisiensi (%)
11.00 – 13.00	1.3	55	443	13	1.3	16.9	2.425	0.42	6.968
	1.3	57	455	14	1.4	19.6	3.029	0.41	8.082
	1.4	56	450	14	1.4	19.6	2.425	0.51	6.471
	1.4	59	473	15	1.5	22.5	4.522	0.49	7.428
	1.5	59	470	15	1.5	22.5	6.438	0.61	6.039
	1.5	66	526	16	1.6	25.6	6.438	0.54	6.871
	1.6	100	800	19	1.9	36.1	6.438	0.43	7.984
	1.7	115	920	19	1.9	36.1	5.423	0.45	6.656
	1.8	115	920	19	1.9	36.1	7.572	0.53	5.607
	1.8	127	1018	20	2	40	6.438	0.48	6.213
	1.8	145	1160	21	2.1	44.1	3.726	0.42	6.850
	1.8	146	1170	21	2.1	44.1	8.831	0.42	6.850
	1.8	154	1233	23	2.3	52.9	3.726	0.40	8.217
	1.8	155	1236	23	2.3	52.9	3.029	0.40	8.217
	1.8	168	1340	24	2.4	57.6	10.223	0.37	8.947
	1.9	161	1287	24	2.4	57.6	6.438	0.45	7.607
	2	175	1400	25	2.5	62.5	6.438	0.48	7.077
	2	176	1405	25	2.5	62.5	8.831	0.48	7.077
	2.1	176	1409	25	2.5	62.5	13.431	0.55	6.114
	2.1	177	1414	25	2.5	62.5	19.402	0.55	6.114
	2.1	197	1575	30	3	90	6.438	0.50	8.803
	2.2	200	1600	31	3.1	96.1	11.754	0.56	8.176
	2.3	209	1670	32	3.2	102.4	7.572	0.61	7.624
	2.4	225	1800	35	3.5	122.5	15.260	0.65	8.027
	2.6	229	1834	37	3.7	136.9	39.671	0.81	7.056
	2.6	232	1856	39	3.9	152.1	10.223	0.80	7.839
2.6	238	1900	40	4	160	7.572	0.78	8.246	
2.6	240	1918	43	4.3	184.9	4.522	0.77	9.530	
2.6	241	1929	46	4.6	211.6	19.402	0.77	10.906	
2.9	242	1936	49	4.9	240.1	26.923	1.06	8.918	
Rata - rata	1.3	156.446	1251.567	26.067	2.607	77.693	9.485	0.557	7.550

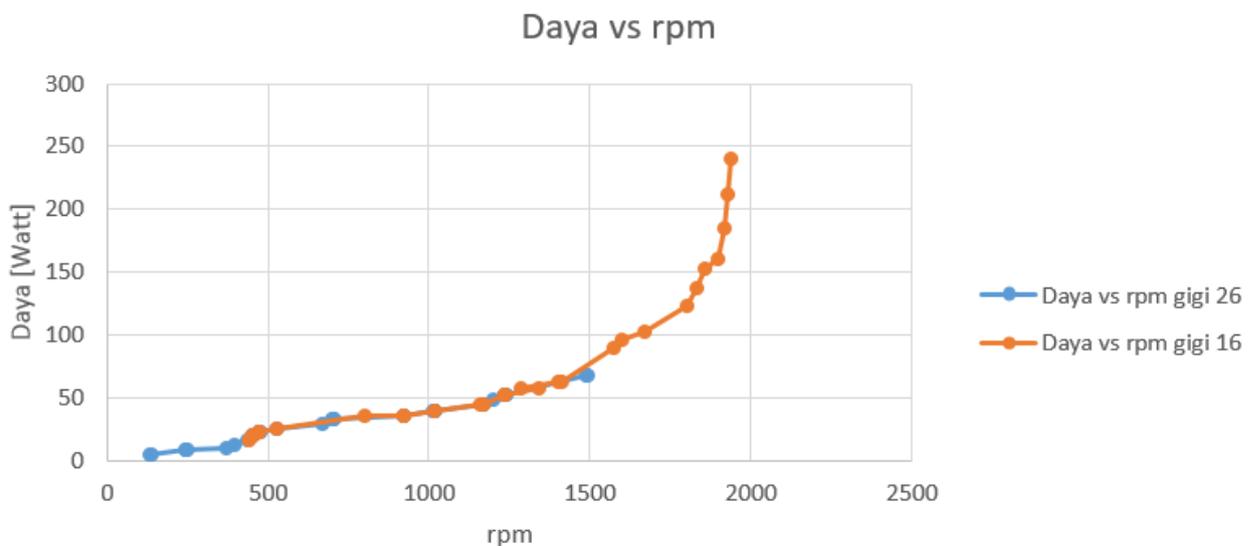
c. Hasil Uji Kecepatan Angin Terhadap Tegangan



Gambar. 3.1 Grafik Kecepatan Angin vs Tegangan

Pada Gambar 3.1 terlihat bahwa tegangan terbesar yang dihasilkan oleh Turbin angin pada gigi 16 (perbandingan rasio 32:16) yaitu 49 Volt dengan kecepatan angin 2,9m/s. Sedangkan pada saat gigi 26 menghasilkan tegangan yaitu sebesar 26 Volt dengan kecepatan angin 2,5m/s.

d. Hasil Uji Daya Terhadap Putaran



Gambar. 3.2 Grafik Daya vs rpm

Pada Gambar 3.2 terlihat bahwa daya terbesar yang dihasilkan oleh Turbin angin pada gigi 16 (perbandingan rasio 32:26) menghasilkan daya yaitu sebesar 240,1 Watt dengan 1936 rpm. Sedangkan pada saat gigi 26 yaitu 67,6 Watt dengan 1492 rpm

IV. KESIMPULAN

1. Berdasarkan pengujian turbin angin menggunakan transmisi bertingkat mampu meningkatkan putaran generator. Saat rantai berputar pada nomor gigi 26 didapat putaran minimal 152 rpm. Pada saat rantainya berpindah ke nomor gigi 16 menghasilkan putaran generator maksimal 1900 rpm.
2. Dengan penambahan transmisi bertingkat didapat kecepatan angin terendah sebesar 0,8 m/s dengan masih menghasilkan putaran minimal 152 rpm.
3. Dari hasil penelitian ini dapat ditarik kesimpulan bahwa penerapan transmisi bertingkat dapat direkomendasikan sebagai alat untuk meningkatkan putaran poros generator.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Artikel: “Pemanfaatan Energi Angin di Indonesia” Tersedia: <http://www.alpensteel.com/article/116-103-energi-angin--wind-turbine--wind-mill/2286--pemanfaatan-energi-angin-di-indonesia> [2 Mei 2018]
- [2] Agus Sifa, Casiman S, Habib Rizqon H “Pengujian Kincir Angin Horizontal Type di Kawasan Tambak Sebagai Energi Listrik Alternative Untuk Penerangan” Prodi Teknik Mesin Politeknik Indramyu, 2014.
- [3] Agus Suseno, Herdian Nurcahyo, Mochammad Arif N, Rahmat Kholid “Rancang Bangun Turbin Angin Sederhana Jenis Horizontal Axis Wind Turbine Dengan Kayu Pinus Sebagai Bahan Sudu” Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta 2015.
- [4] Artikel: “Hubungan roda – roda gerak melingkar” Tersedia: www.fisikabc.com/2016/06/hubungan-roda-roda-gerak-melingkar.html [30 Mei 2018]