

## STUDI EKSPERIMENTAL UNJUK KERJA TURBIN ANGIN SUMBU HORIZONTAL BERSUDU *LOOPWING* UNTUK PEMBANGKIT DAYA GENERATOR 100W

Jhon A. Wabang<sup>1, a\*</sup>, M. Agung Bramantya<sup>2, b</sup> dan Hermawan<sup>3, c</sup>

<sup>1</sup>Politeknik Negeri Kupang, Jln. Adiscripto Penfui, P.O BOX 139 Kupang Indonesia

<sup>2</sup> Universitas Gadjah Mada, Jln. Grafika N0.2 Sleman Yogyakarta Indonesia

<sup>3</sup> Universitas Gadjah Mada, Jln. Grafika N0.2 Sleman Yogyakarta Indonesia

<sup>a</sup>jhonarwabang@gmail.com, <sup>b</sup>bramantya99@gmail.com <sup>c</sup>hermawan\_ugm@yahoo.coml

### Abstrak

Turbin angin bersudu *loopwing* adalah salah satu jenis turbin angin yang dapat mengubah energi kinetik angin menjadi energi mekanik untuk membangkitkan listrik pada generator. Untuk meningkatkan kinerja turbin angin maka dapat digunakan *diffuser*. Turbin angin bersudu *loopwing* dengan penambahan *diffuser* saat ini masih dalam tahap penelitian untuk peningkatan efisiensinya karena sudu yang berbentuk *loop* dan memiliki jumlah sudu yang cukup untuk menangkap energi kinetik angin. Desain yang berbentuk *loop* ini sangat cocok untuk daerah atau wilayah yang memiliki potensi kecepatan anginnya rendah. Penelitian yang dilakukan masih berskala laboratorium dengan tujuan untuk mengetahui unjuk kerja turbin angin bersudu *loopwing* dengan penambahan *diffuser* dan pengaruh variasi kecepatan angin terhadap torsi dan daya yang dibangkitkan serta variasi transmisi roda gigi yang cocok untuk digunakan pada generator 100W. Mekanisme pengujian dilakukan dengan menggunakan lampu pijar DC 3 watt sebagai tahanan dan pengukuran beban dengan menggunakan neraca beban untuk mengetahui torsi maksimum dan daya maksimum. Dari hasil eksperimen, pada kecepatan angin sebesar 6,50 m/dt diperoleh torsi maksimum dan daya maksimum masing masing sebesar 0,021 Nm dan 0,179W untuk transmisi rasio roda gigi,  $i=0,94$ ; 0,037Nm dan 0,268W untuk transmisi rasio roda gigi,  $i=1$ , serta 0,016Nm dan 0,181W untuk transmisi rasio roda gigi,  $i=1,06$ . Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa transmisi rasio roda gigi yang cocok pada kecepatan angin 6,50 m/dt adalah  $i=1$  karena daya yang dibangkitkan lebih besar dibandingkan dengan rasio transmisi roda gigi lainnya.

Kata kunci : Turbin angin, *loopwing*, *diffuser*,

### Pendahuluan

Energi angin sebagai sumber energi alternatif untuk menghasilkan arus listrik telah lama digunakan dalam sejarah kehidupan manusia, pertama pada tahun 1888 di Ohio, (Dave Parker, 2009)<sup>[1]</sup>. Pada saat ini, untuk menaikkan efisiensi turbin angin khususnya turbin angin jenis sudu airfoil dilakukan dengan menambahkan *diffuser*. Adapun fungsi *diffuser* adalah untuk menaikkan kecepatan angin melebihi kecepatan gerak angin tanpa *diffuser*, sebagaimana yang dilakukan oleh Akhgari (2007)<sup>[2]</sup>, dalam penelitiannya tentang turbin angin yang menggunakan *diffuser* dan tanpa menggunakan *diffuser* dan hasilnya, untuk turbin angin yang menggunakan *diffuser* dapat menaikkan kecepatan angin sekaligus meningkatkan daya pada turbin angin lebih besar dibandingkan dengan turbin angin yang tidak menggunakan *diffuser*. Demikian juga Nugroho, (2012)<sup>[3]</sup>, dengan judul penelitiannya : Studi Eksperimental Pengaruh Penambahan

*Diffuser* terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin Bersudu *Loopwing* dengan Variasi Rasio Luas *Diffuser* dan Gomis (2011)<sup>[4]</sup>, dalam penelitiannya tentang efek *diffuser* pada sebuah turbin angin. Dengan adanya konsep penambahan *diffuser* ini, putaran turbin angin akan bertambah dan daya untuk menggerakkan poros turbin juga akan meningkat, disisi lain, torsi juga akan bertambah besar sesuai karakteristiknya.

Selain pengaruh penambahan *diffuser*, bentuk sudu juga berpengaruh besar pada kinerja turbin angin. Salah satu bentuk sudu yang kini masih dalam penelitian adalah sudu berbentuk *loopwing*. Pada beberapa penelitian, bentuk *loopwing* memiliki efisiensi lebih baik dibandingkan dengan airfoil. Di sisi lain, bentuk sudu yang demikian sangat cocok untuk diterapkan pada daerah dengan kecepatan angin yang rendah. Dari hasil penelitian di atas, pada penelitian ini, sudu berbentuk *loopwing* ditempatkan dalam *diffuser* dengan tujuan untuk menaikkan putaran turbin,

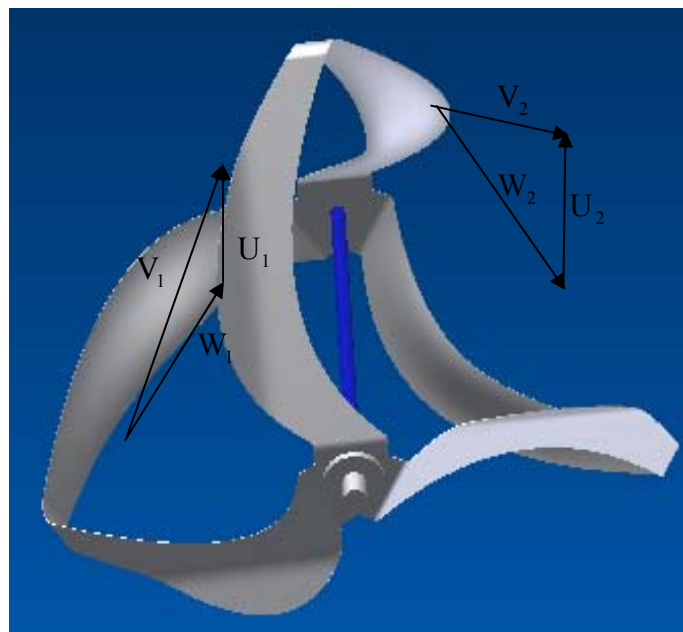
serta torsi yang dihasilkan, sehingga energi gerak pada turbin dapat digunakan untuk menggerakkan generator. Penelitian ini masih terbatas pada skala laboratorium sehingga generator yang digunakan adalah generator arus DC.

Turbin angin *loopwing* dapat dikonversikan tenaga mekaniknya menjadi tenaga elektrik dengan urutan yaitu tenaga dari poros turbin *loopwing* ditransmisikan ke generator AC melalui transmisi roda gigi. Turbin angin *loopwing* ini adalah turbin angin jenis putaran rendah, maka generator yang dipakai juga generator dengan putaran rendah yang dapat menghasilkan arus listrik AC. Spesifikasi generator yang digunakan adalah generator AC dengan putaran 500 rpm, tegangan 12V, arus AC yang dihasilkan 2A dan daya keluarannya sebesar 100 watt. Pada penelitian ini, output dari generator diteruskan ke lampu DC 3W sebagai tahanan melalui *rectifier*/dioda, dengan tujuan untuk mengetahui berapa besar arus listrik, torsi dan daya yang dihasilkan.

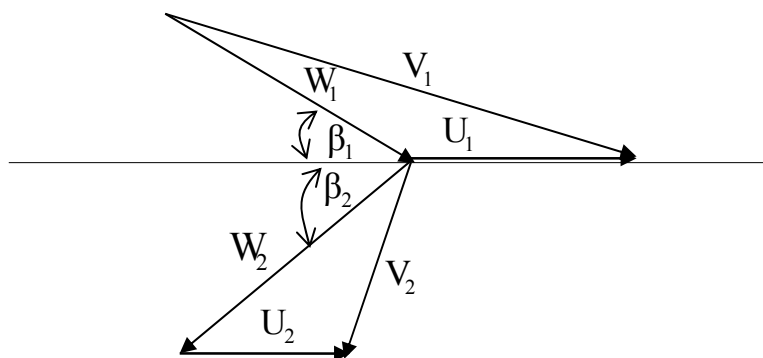
Dari uraian di atas, turbin angin bersudu *loopwing* dengan penambahan *diffuser* sangat tepat digunakan pada daerah yang rendah kecepatan anginnya namun perlu dilakukan penelitian lanjut untuk mendapatkan efisiensi maksimum berupa variasi putaran pada transmisinya.

#### METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan bersifat studi ekperimental untuk mengetahui unjuk kerja turbin angin bersudu *loopwing* dengan penambahan *diffuser*. Bentuk turbin *loopwing* yang digunakan adalah seperti gambar berikut :



Gambar 1. Segitiga kecepatan sudu turbin *loopwing*

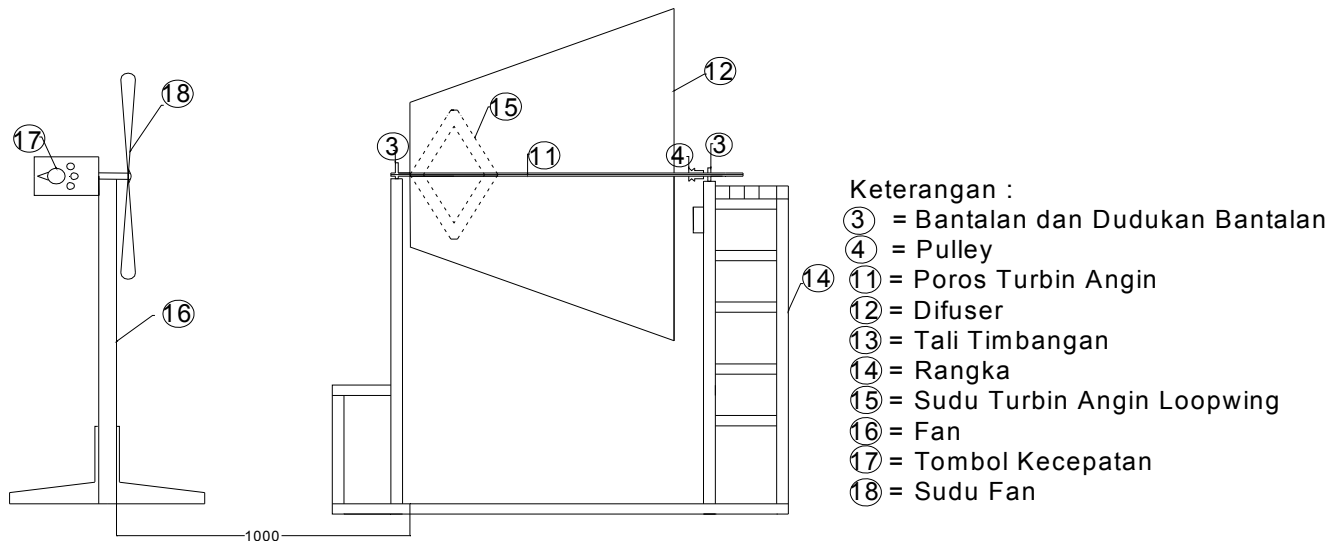


Keterangan :

- $V_1$  =kecepatan absolut udara saat meninggalkan kipas angin, m/s
- $V_2$  =kecepatan absolut udara saat meninggalkan sudu, m/s
- $W_1$  =kecepatan relatif udara saat meninggalkan kipas angin, m/s
- $W_2$  =kecepatan relatif udara saat meninggalkan sudu, m/s
- $U_1$  = kecepatan putar sudu, rad/s
- $U_2$  = kecepatan putar sudu, rad/s
- $\beta_1$  = sudut aliran udara masuk
- $\beta_2$  =sudut aliran udara keluar (dibelokkan)<sup>[5]</sup>

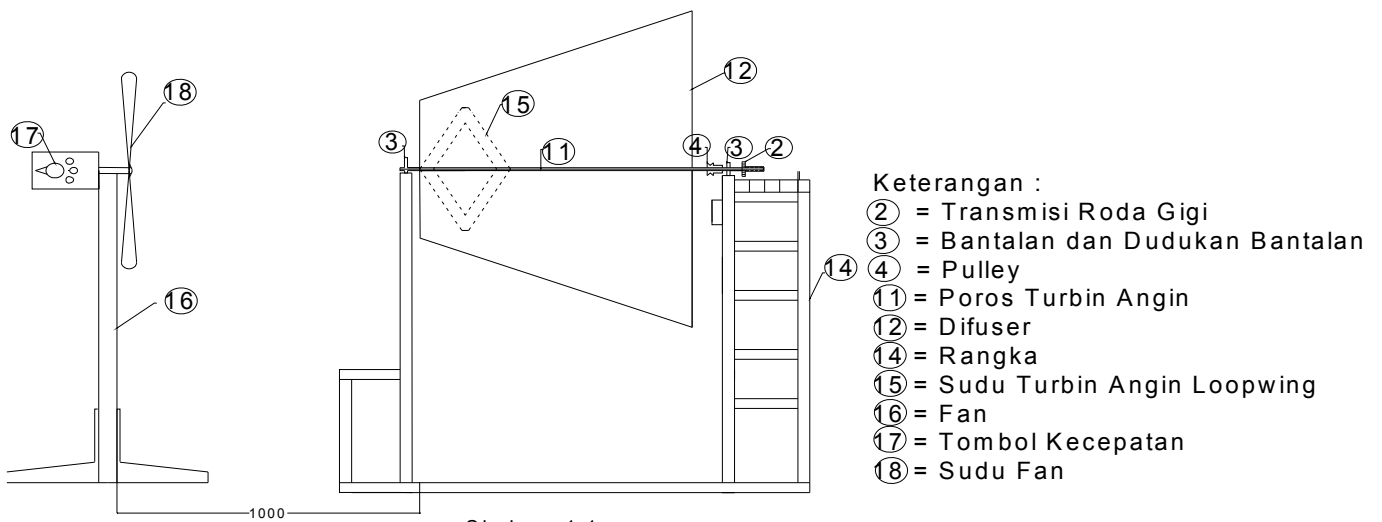
Penelitian ini dilakukan dengan terlebih dahulu melakukan uji kerugian mekanikal pada turbin dengan dua tahapan uji (*test*) yaitu *Deceleration Test 1* dan *Deceleration Test 2*. Adapun kedua tahapan tersebut dapat dijelaskan dengan urutan pelaksanaan seperti pada Gambar 2 dan Gambar 3 berikut :

a. *Deceleration Test 1*



Gambar 2. Skema *Deceleration test* pada sistem turbin angin *loopwing*

b. *Deceleration Test 2*



Gambar 3. Skema *Deceleration test* pada sistem turbin angin *loopwing* dan sistem transmisi roda gigi

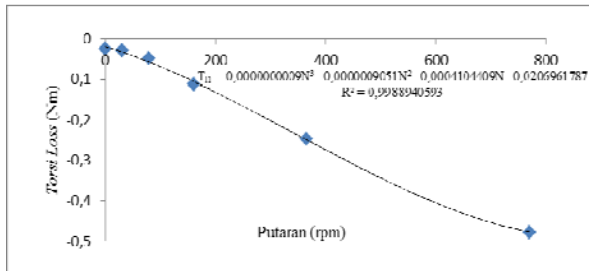
Pada pengujian ini, sumber angin diambil dari kipas angin yang memiliki tiga kecepatan angin berbeda. Adapun data kecepatan angin yang digunakan adalah seperti pada Tabel 1 berikut :

Tabel 1. Data Kecepatan angin

Kecepatan Angin (m/s)	Kec.Angin depan kipas (m/s)					Kec.Angin depan sudu (m/s)					Kec.Angin belakang sudu (m/s)				
	1	2	3	4	Rata2	1	2	3	4	Rata2	1	2	3	4	Rata2
Kecepatan 1	5,83	6,15	6,77	6,11	6,22	6,25	6,42	6,77	6,57	6,50	4,13	3,18	2,11	2,63	3,01
Kecepatan 2	7,50	6,25	7,80	6,80	7,09	8,23	8,05	7,50	6,60	7,60	3,35	4,00	4,05	2,00	3,35
Kecepatan 3	7,90	7,12	7,46	7,30	7,45	8,13	8,20	8,22	7,20	7,94	2,80	3,30	3,80	3,31	3,30

## HASIL DAN PEMBAHASAN

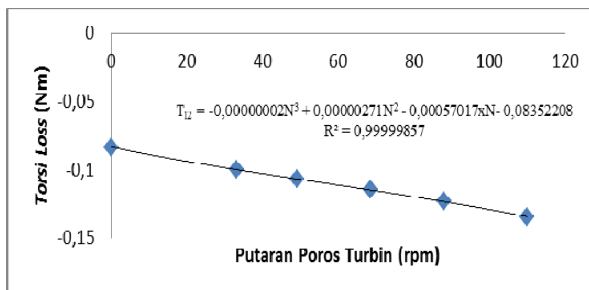
Dari hasil eksperimen di atas, *torsi losses* pada *decelartion test 1* hanya dilakukan pada turbin dan poros tanpa menggunakan transmisi roda gigi. Kerugian mekanik yang terjadi dapat dilihat grafiknya pada Gambar 4 dibawah ini :



Gambar 4. Grafik hubungan *Torsi Loss* (Nm) dan Putaran (rpm).

Pada Gambar 4 dapat dijelaskan bahwa kerugian mekanik (*torsi losses*) akibat gesekan antara bantalan dan poros turbin semakin besar dengan semakin lambat turbin berputar.

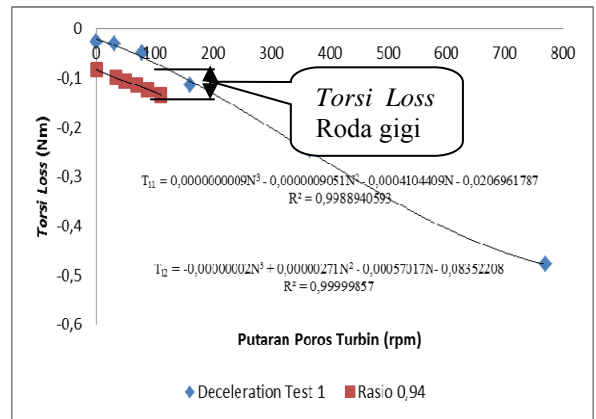
Untuk *torsi losses* pada *deceleration test 2* dilakukan untuk mencari tahu kerugian mekanik pada turbin dengan sambungan transmisi roda gigi. Kerugian mekanik yang terjadi tampak seperti Gambar 5 berikut.



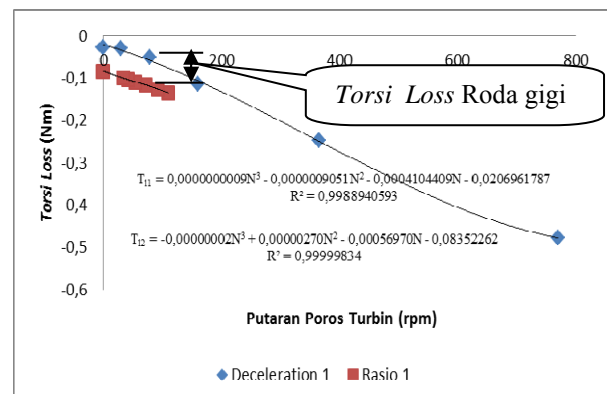
Gambar 5. Grafik Hubungan *Torsi Loss* (Nm) dan Putaran Turbin (rpm)

Sebagaimana pada Gambar 4, pada Gambar 5 juga terjadi hal serupa yaitu gesekan akan semakin besar dengan semakin lambat putaran turbin yang terjadi.

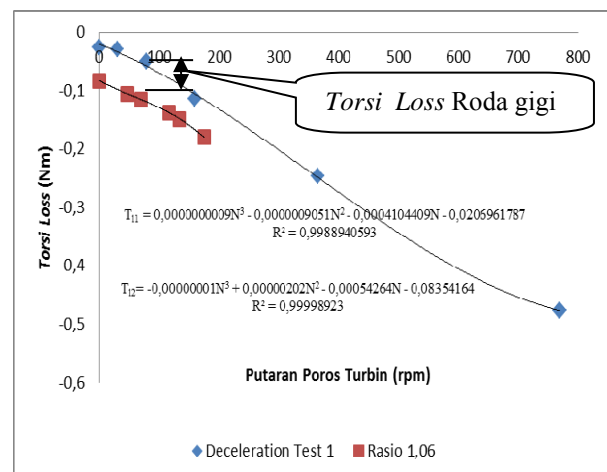
Dengan membandingkan kedua grafik pada Gambar 4 dan Gambar 5, kerugian mekanik untuk tiap rasio transmisi roda gigi dapat dilihat seperti pada Gambar 6, 7 dan Gambar 8 berikut :



Gambar 6. Grafik Hubungan *Torsi Loss* (Nm) dan Putaran Turbin (rpm)



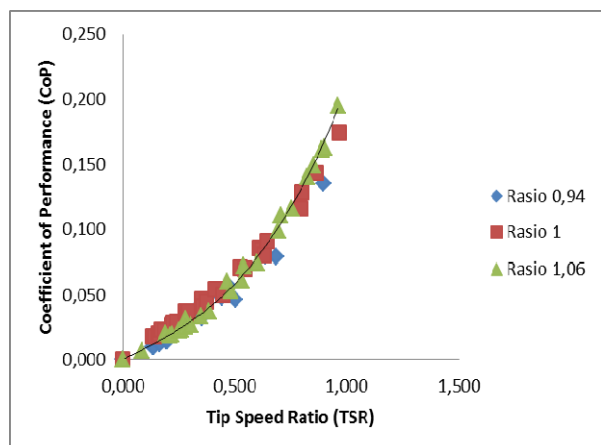
Gambar 7. Grafik Hubungan *Torsi Loss* (Nm) dan Putaran Turbin (rpm)



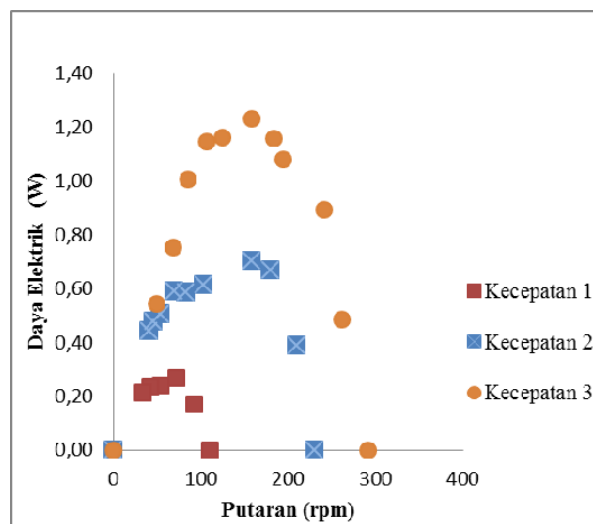
Gambar 8. Grafik Hubungan *Torsi Loss* (Nm) dan Putaran Turbin (rpm)

### *Coefficient of Performance (CoP)*

*Coefficient of performance (CP)*, pada sebuah turbin menyatakan karakteristik dari sebuah turbin tersebut. Pada penelitian ini, *Coefficient of performance (CP)* di uji dalam tiga rasio transmisi roda gigi dengan variasi tiga kecepatan angin. Ketiga *Coefficient of performance (CP)* pada masing masing transmisi roda gigi tersebut adalah seperti berikut :



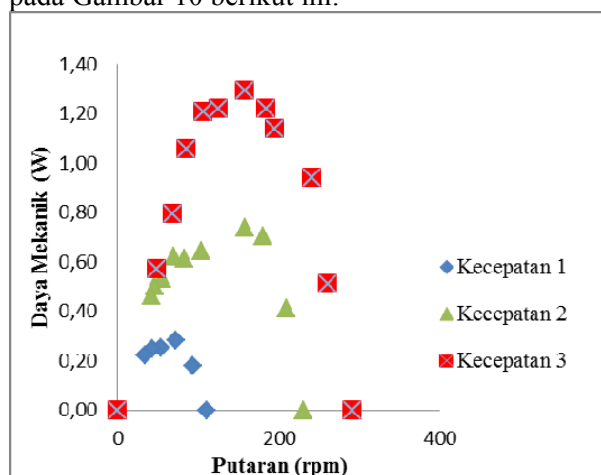
Gambar 9. Grafik hubungan antara *Coefficient of Performance (CP)* dan *Tip Speed Ratio (TSR)*



Gambar 11. Grafik hubungan antara Putaran (rpm) dan Daya Elektrik (W)

### Daya Mekanik Output

Berdasarkan hasil pengujian, perbandingan daya mekanikal output untuk kecepatan 1, 2 dan kecepatan 3; kecepatan 3 memiliki daya mekanikal output lebih besar, baik rasio transmisi untuk  $i = 0,94$ ;  $i = 1$  maupun  $i = 1,06$ , namun kecepatan anginnya cukup tinggi. Sesuai karakteristik turbin angin *loopwing*, yaitu dapat menghasilkan daya pada kecepatan angin yang rendah, maka dipilih hasil pengujian untuk rasio transmisi roda gigi untuk  $i = 1$  seperti pada Gambar 10 berikut ini.



Gambar 10. Grafik hubungan antara Putaran (rpm) dan Daya Mekanik (W)

### Daya Elektrik

Sebagaimana daya pada mekanikal output, daya elektrikal yang dihasilkan pada generator akan mengalami pengurangan daya karena adanya kerugian kerugian pada generator yang digunakan. Daya elektrikal yang dihasilkan dalam penelitian ini adalah seperti pada Gambar 10 berikut.

Turbin angin bersudu *loopwing* yang digunakan dalam penelitian ini masih cocok pada rasio transmisi roda gigi untuk  $i = 1$  karena data hasil pengujian menunjukkan torsi dan daya mekanikal output serta daya elektrikal untuk  $i = 1$  lebih baik dibandingkan dengan rasio transmisi lainnya.

### KESIMPULAN

1. Torsi maksimum hasil pengukuran yang dapat digunakan adalah pada perbandingan transmisi ( $i$ ) untuk  $i = 1$  yaitu sebesar 0,037 Nm pada kecepatan angin 6,50m/s.
2. Arus dan daya maksimum terjadi pada perbandingan transmisi ( $i$ ) untuk  $i=1$  yaitu sebesar 0,065A dan 0,268W pada kecepatan angin 6,50m/s.
3. Pada pengujian ini, kecepatan angin 1 pada rasio transmisi  $i = 1$  adalah baik untuk diaplikasikan pada turbin angin ini, karena memiliki daya maupun torsi maksimum dibandingkan dengan rasio transmisi roda gigi lainnya pada kecepatan yang sama.

### Referensi

- [1] Parker. D, *Microgeneration, Low Energy Strategies for Larger Buidings*, First ed., Architectural Press, Singapore, 2009.
- [2] Akhagari, A., *Experimental Investigation of the Performance of Diffuser Augmented Vertical Axis Wind Turbine*, Disertasi, University of Teheran (2007)
- [3] Nugroho. L., *Studi Eksperimental Pengaruh Penambahan Diffuser terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin Bersudu Loopwing dengan Variasi*

Rasio Luas *Diffuser*, Skripsi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2012.

[4] Gomes, L Ledo, Effect of diffuser Augmented Micro Wind Turbines Features on Dvice Performance, Thesis, University of Wollongong, Spain (2011).

[5] Korpela. Seppoa A, Principles Of Turbomachinery, First ed., Hoboken, New Jersey, 2011.