

**PENGARUH PERUBAHAN KETEBALAN *BALL BEARING* TERHADAP
PERFORMANCE TURBIN ANGIN SAVONIUS**

Dharma Weda Perdana¹, Gunawan Sakti², Ajeng Wulansari³

^{1,2,3} Politeknik Penerbangan Surabaya, Jl. Jemur Andayani 1 No 73, Surabaya, 60236

Email: dharmaperdana11@gmail.com

Abstrak

Berkembangnya teknologi saat ini membuat penggunaan *engine* semakin banyak. Untuk mencegah maupun mengurangi polusi setiap harinya, perlu dilakukan penentuan komponen *engine* agar dapat lebih efisien dalam pembakaran, salah satunya adalah *bearing*. Pada kali ini, dilakukan penelitian terkait pengaruh ketebalan *ball bearing* terhadap putaran poros turbin angin yang dilaksanakan dengan menempatkan *bearing* pada sebuah turbin angin sumbu vertikal bertipe *Savonius* selanjutnya diputar dengan udara eksternal yang berasal dari *exhaust wind tunnel* dengan kecepatan udaranya 5m/s. Untuk pengukuran dilakukan menggunakan *torque transducer* tipe M425 dengan *torque tolerance* 0-10 Nm dan *sample rate* 1 sampai 4000 sps. Selain itu, M425 dapat mengatasi perpindahan *parallel* 0.18 mm dan deviasi sudut 0.06°. Dalam penelitian kali ini, dilihat bagaimana pengaruh ketebalan sebuah *ball bearing* terhadap performa putaran poros turbin *savonius* yaitu berupa daya, torsi, dan RPM. Hasil dalam penelitian ini adalah RPM tertinggi yaitu 323 RPM, torsi tertinggi yaitu 0,0568 Nm, daya tertinggi yaitu 0,842 Watt, juga *C_p* dan *C_m* yaitu 0,115 dan 0,242.

Kata Kunci: *Bearing, Turbine Performance, Power, Torque, RPM*

Abstract

*The development of technology today makes the engine usage increase. To prevent or reduce pollution every day, it is necessary to determine engine components so that engine can be more efficient in combustion, one of which is bearings. At this time, will be carried research about the effect of ball bearing thickness on wind turbine's shaft rotation which is carried out by placing the bearings on a savonius turbine and then rotated using an external air flow from the wind tunnel exhaust with velocity is 5 m/s. The measurement is used torque transducer type M425 0 to 10 Nm torque tolerance and 1 to 4000 sps sample rate. In addition, M425 can handle 0.18 mm parallel moving and 0.06 ° angle deviation. In this research, can be seen the effect of ball bearing thickness on performance of savonius turbine, namely in the form of power, torque, and RPM. The results of this research is the highest RPM is 323 RPM, highest torque is 0,0568 Nm, highest power is 0,842 Watt, also *C_p* and *C_m* is 0,115 and 0,242.*

Keywords: *Bearing, Turbine Performance, Power, Torque, RPM*

PENDAHULUAN

Berkembangnya teknologi transportasi saat ini menjadikan teknologi *engine* juga semakin berkembang. Tak hanya jenis *enginenya*, bagian-bagian penunjang *engine* pun juga beragam. Termasuk dalam perkembangan ini adalah pada system *bearing* [1]. *Bearing* merupakan komponen *engine* yang memiliki kontribusi cukup penting karena berfungsi untuk menerima beban sebuah poros sehingga gesekan atau friction pada saat poros berputar dapat diminimalisir [2]. Berdasarkan jenisnya, *bearing* dibagi menjadi tiga yaitu *plain bearing*, *roller bearing*, dan *ball bearing*. Setiap jenis *bearing* memiliki peruntukan yang berbeda beda sehingga hasil putaran porosnya pun juga berbeda.

Adanya faktor yang mempengaruhi kinerja *bearing* membuat para produser maupun pengguna kendaraan bermotor semakin pandai dalam membuat maupun menggunakan *bearing*. Beberapa faktor yang mempengaruhi kinerja *bearing* diantaranya jenis *bearing*, ketebalan *bearing*, *material bearing*, dan masih banyak lagi. Faktor-faktor ini pun turut memberikan pengaruh yang dominan terhadap kinerja *bearing* [3].

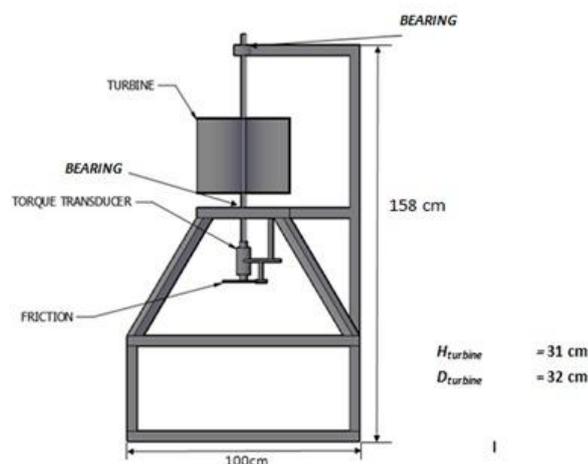
Pengaruh performa *bearing* pun juga berdampak terhadap kinerja sebuah putaran poros. Semakin besar *friction* yang

ditimbulkan oleh *bearing*, maka dibutuhkan *power* yang lebih besar untuk memutar sebuah poros. Begitu banyak model *bearing* yang beredar di pasaran meskipun jenis dan ukurannya sama, namun dapat menimbulkan performa yang berbeda. Oleh karena itu, perlu ditentukan spesifikasi *bearing* yang efisien agar kinerja sebuah putaran poros menjadi lebih optimal [4].

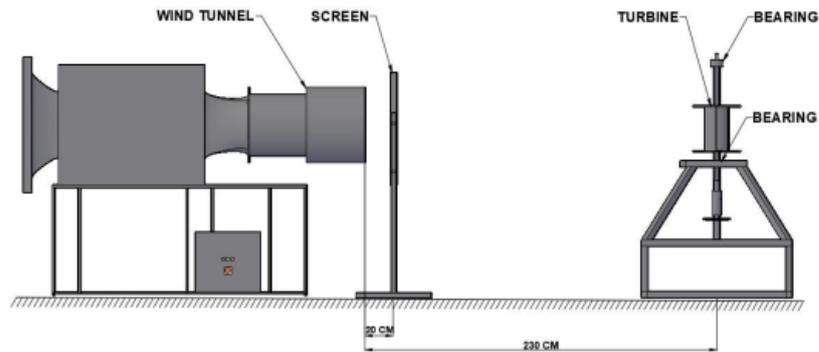
Beberapa penelitian pun telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh *bearing* terhadap kinerja *engine*. **Eka Sari Wijianti, Saparin** (2018) Melakukan penelitian dengan menempatkan *bearing* dengan *material* berbeda yaitu *steel* dan *cheramic* pada mobil hemat energi Tarsius GV-1 dengan *engine* 125cc. Hasil performa terbaik didapatkan dengan menggunakan *bearing* tipe *cheramic* dengan daya gelinding maksimal dan konsumsi *fuel* optimal yaitu 188km/liter [5].

METODE

Penelitian ini adalah penelitian eksperimen. Penelitian dilakukan pada turbin angin sumbu vertikal yang bertipe *savonius turbine* dengan dimensi *turbine housing* yaitu : tinggi 158 cm dan lebar 100 cm, *savonius turbine* memiliki tinggi 31 cm dan diameter turbin ($D_{turbine}$) 32 cm (D_{blade} 16 cm), juga diameter shaft yaitu 21 cm.



Gambar 1 Kerangka *Turbine Housing*



Gambar 2 Setting alat Pengujian

Bearing yang akan digunakan adalah *diameter* sama yaitu 17 mm dengan *steel ball bearing* yang memiliki *inner* spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 1 Spesifikasi *bearing*

Sampel	Jenis Bearing	Code	Dimensi (mm)		
			Inner	Outer	Thickness
A	<i>Deep Groove Ball Bearing</i>	6203 2RS	17	40	12
B	<i>Deep Groove Ball Bearing</i>	6303 ZZ		47	14
C	<i>Self Aligning Ball Bearing</i>	1303		47	14



Gambar 3 *Deep Groove Ball Bearing*
17×40×14

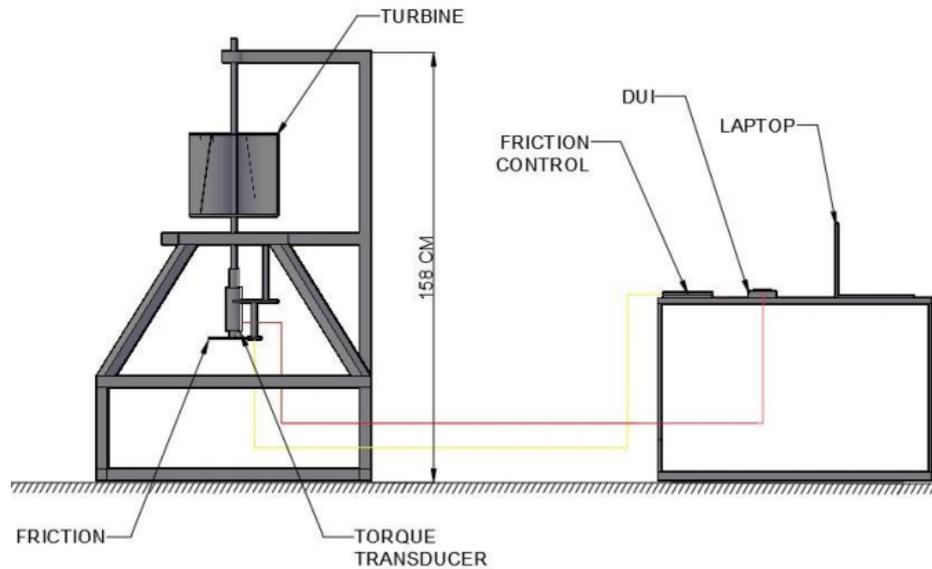


Gambar 5 *Self Aligning Ball Bearing*
17×40×12



Gambar 4 *Deep Groove Ball Bearing*
17×47×14

Pengujian dilakukan secara eksperimental, dimana turbin dirakit sesuai dengan rancangan yang telah dibuat kemudian diuji performance turbin untuk mengetahui rata-rata nilai C_p dan C_m dari setiap bearing. Pengukuran dilaksanakan menggunakan torque transducer yang secara otomatis dapat mengetahui nilai RPM, torsi, dan daya yang keluar dari putaran turbin. Torque transducer ditempatkan sedemikian rupa hingga alat dapat bekerja. Pada alat uji juga diberikan rem untuk mengatur kecepatan sehingga diketahui nilai daya dan torsi di tiap-tiap *TSR* (*tip speed ratio*).



Gambar 6 Setting alat ukur

Prosedur pengujian :

1. Memastikan setiap alat dan bahan yang akan digunakan berada dalam kondisi baik.
2. Mempersiapkan *bearing* kemudian dipasangkan dengan turbin yang nantinya akan diuji.
3. Melakukan *setting* pada *wind tunnel* hingga diperoleh kecepatan udara yang menyentuh turbin adalah 5 m/s (pengukuran kecepatan udara menggunakan *anemometer*).
4. Melakukan pengamatan terhadap kinerja *bearing* yang kemudian datanya diolah dalam bentuk *excel*.
5. Mengulangi point 3, 4, dan 5 pada setiap *bearing* hingga diperoleh data yang dicari.

Perhitungan :

- **Tip Speed Ratio (TSR)**

TSR dihitung menggunakan persamaan

$$\lambda = \frac{\omega \times R}{v} \quad (1)$$

dimana :

- ω adalah symbol untuk kecepatan poros dengan satuan rad/s; sehingga diperoleh

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{2 \times 3,14 \times 298 \text{RPM}}{60} = 31,19 \text{rad/s}$$

; dengan n = nilai RPM yang diatur sebagai salah satu variabel control pada penelitian.

- R adalah jari-jari dari *blade* turbin yaitu 0,16 m.
- v adalah kecepatan udara yaitu 5 m/s.

Sehingga dapat ditentukan

$$\lambda = \frac{31,19 \text{rad/s} \times 0,16 \text{m}}{5 \text{m/s}} = 0,998 \approx 1$$

yang berarti nilai *TSR* pada 298 RPM adalah 1.

- **Reynolds Number**

Reynolds Number dihitung menggunakan persamaan

$$Re = \frac{\rho v L}{\mu} \quad (2)$$

dimana :

- ρ (*density* udara) adalah 1,1809 kg/m³ dan μ (*dynamic viscosity*) 1,85 × 10⁻⁵.
- v adalah kecepatan udara yaitu 5 m/s.
- L dapat dihitung menggunakan persamaan $L = 2D - b$ dimana : D :

diameter *blade* turbin ;*b* : diameter *shaft* turbin; Sehingga diketahui $L = 0,32$ m.
 Sehingga

$$Re = \frac{1,1809 \text{ kg/m}^3 \times 5 \text{ m/s} \times 0,32 \text{ m}}{1,85 \times 10^{-5}} = 102.021,6$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uncertainty

Uncertainty diperoleh melalui pengulangan percobaan pengujian pada *bearing ceramic* 17×30×7 meliputi :

• *Power Coefficient*

Uncertainty terkait C_p akan dijelaskan menurut tabel 2. Berdasarkan data yang disajikan pada tabel 2, dapat dilihat bahwa rata-rata *relative uncertainty* C_p pada penelitian kali ini adalah 0,642925 %. Pembulatan *relative uncertainty* menjadi 1% yang menandakan bahwa hasil penelitian atau pengujian terkait C_p hanya boleh dituliskan 3 angka penting.

Tabel 2 Data *uncertainty* C_p

λ	C_p					Δx	%
	1	2	3	4	5		
1,2	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,000377	0,743
1,0	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,000871	1,066
1,1	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,001438	1,464
0,9	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,000260	0,212
0,8	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,000889	0,699
0,7	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,000874	0,722
0,6	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,000637	0,547
0,5	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,000212	0,189
0,4	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,000717	0,729
0,3	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,000108	0,135
0,2	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,000314	0,567
Rata-rata							0,642925

Keterangan :

λ : *tip speed ratio (TSR)*

C_p : *coefficient of power* = $\frac{\text{Power turbine}}{\text{Power wind}}$

Δx : *uncertainty* = $\frac{1}{N} \sqrt{\frac{N \sum (xi^2) - \sum (xi)^2}{N-1}}$

% : *relative uncertainty* = $\frac{\Delta x}{x \text{ average}} \times 100\%$

• *Moment Coefficient*

Uncertainty terkait C_m akan dijelaskan menurut tabel 2. Berdasarkan data yang disajikan pada tabel 3, dapat dilihat bahwa

rata-rata *relative uncertainty* C_m pada penelitian kali ini adalah 0,710821 %. Pembulatan *relative uncertainty* menjadi 1% yang menandakan bahwa hasil penelitian

atau pengujian terkait C_m hanya boleh dituliskan 3 angka penting.

Tabel 3 Data *uncertainty* C_m

λ	C_m					Δx	%
	1	2	3	4	5		
1,2	0,043	0,043	0,042	0,043	0,042	0,000288	0,677638
1,0	0,076	0,072	0,074	0,073	0,076	0,000815	1,094811
1,1	0,103	0,099	0,094	0,097	0,099	0,001454	1,481127
0,9	0,136	0,135	0,137	0,137	0,137	0,000383	0,28015
0,8	0,156	0,160	0,160	0,162	0,160	0,001126	0,705277
0,7	0,174	0,178	0,174	0,172	0,171	0,00117	0,673476
0,6	0,198	0,194	0,191	0,193	0,194	0,001095	0,565134
0,5	0,224	0,225	0,228	0,225	0,224	0,000805	0,357582
0,4	0,252	0,248	0,239	0,247	0,249	0,002156	0,872209
0,3	0,266	0,266	0,269	0,270	0,266	0,000939	0,351229
0,2	0,274	0,271	0,275	0,277	0,283	0,002099	0,760396
Rata-rata							0,710821

Keterangan :

λ : tip speed ratio (TSR)

C_m : coefficient of moment = $\frac{M}{\frac{1}{4}\rho ADV^2}$

Δx : uncertainty = $\frac{1}{N} \sqrt{\frac{N\sum(xi^2) - \sum(xi)^2}{N-1}}$

% : relative uncertainty = $\frac{\Delta x}{x \text{ average}} \times 100\%$

- **Reynolds Number**

Uncertainty terkait *Reynolds Number* dijelaskan menurut tabel 4. Berdasarkan data yang disajikan pada tabel 4 dan perhitungan

matematik sesuai tabel, dapat dilihat bahwa rata-rata *relative uncertainty Reynolds Number* pada penelitian kali ini adalah 0,02531 %.

Tabel 4 Data *uncertainty Reynolds Number*

Pengujian	Re	$\sum x_i^2$
1	102021,5983	10408406514,00
2	102049,1493	10414028880,69
3	102104,2961	10425287289,46
4	102021,5983	10408406514,00
5	102153,9792	10435435474,31
	$\sum(x_i)^2 = 260457756618,002$	$N\sum(x_i^2) = 260457823362,33$

Hasil Pengujian

- **RPM**

Dari pengujian yang telah dilakukan, diperoleh hasil RPM sebagaimana pada Tabel 5. Berdasarkan data tersebut, diperoleh

bahwa turbin dengan *bearing* yang menghasilkan nilai RPM tertinggi adalah turbin dengan *bearing C (self aligning ball bearing)* dengan maksimum putaran poros 323 RPM.

Tabel 5 Hasil RPM

Sampel	RPM Max	λ
A	318	1,0
B	308	1,0
C	323	1,0
Max	323	

- **Hasil Kinerja *Bearing***

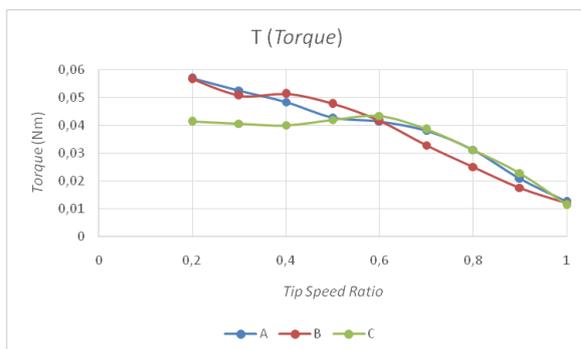
Hasil penelitian menurut tabel 6 menunjukkan bahwa pengujian dilakukan

pada tiap tiap *TSR (Tip Speed Ratio)* dimana diketahui pada *TSR* berapa pengujian masing-masing *bearing* akan dilakukan.

Tabel 6 Data Hasil Kinerja *Bearing*

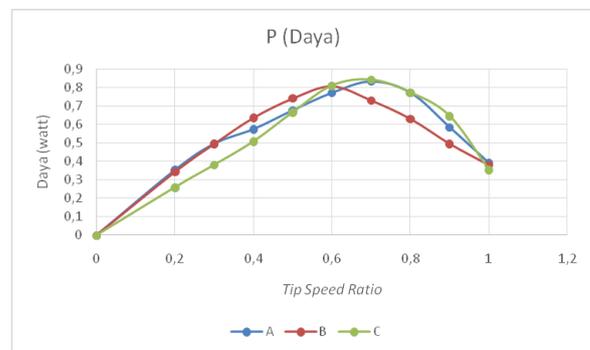
λ	Torsi			Daya			C_p			C_m		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1	0,012	0,012	0,011	0,391	0,379	0,355	0,053	0,052	0,048	0,053	0,052	0,049
0,9	0,021	0,018	0,029	0,585	0,495	0,645	0,080	0,068	0,088	0,089	0,075	0,098
0,8	0,031	0,025	0,031	0,772	0,630	0,772	0,105	0,087	0,105	0,133	0,107	0,132
0,7	0,038	0,033	0,038	0,833	0,730	0,842	0,113	0,100	0,115	0,161	0,140	0,164
0,6	0,041	0,046	0,043	0,771	0,807	0,810	0,105	0,110	0,110	0,176	0,177	0,185
0,5	0,043	0,048	0,042	0,676	0,740	0,665	0,092	0,101	0,091	0,182	0,203	0,179
0,4	0,048	0,051	0,040	0,574	0,636	0,507	0,078	0,087	0,069	0,206	0,218	0,170
0,3	0,052	0,051	0,041	0,495	0,494	0,381	0,068	0,068	0,052	0,223	0,216	0,173
0,2	0,057	0,056	0,041	0,353	0,342	0,259	0,048	0,047	0,035	0,242	0,241	0,176
<i>Max</i>	<i>0,057</i>	<i>0,056</i>	<i>0,043</i>	<i>0,833</i>	<i>0,807</i>	<i>0,842</i>	<i>0,113</i>	<i>0,110</i>	<i>0,115</i>	<i>0,242</i>	<i>0,241</i>	<i>0,185</i>

Pada gambar 7 akan ditunjukkan bahwa turbin dengan *bearing* (A) menghasilkan nilai torsi terbesar yaitu 0,057 Nm pada *TSR* 0,2. Sehingga, *bearing* yang paling optimal digunakan untuk turbin agar menghasilkan torsi maksimal adalah *bearing* (A).



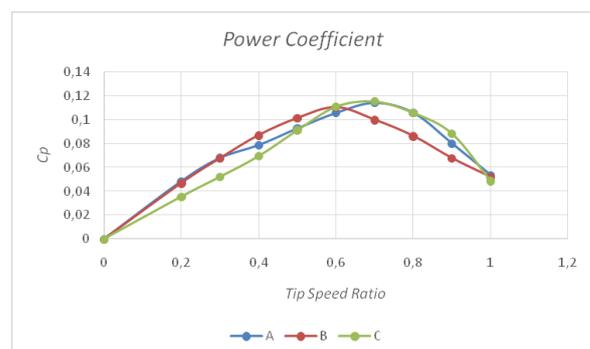
Gambar 7 Grafik Perbandingan Torsi

Gambar 8 akan ditunjukkan bahwa turbin dengan *bearing* (C) menghasilkan nilai daya terbesar yaitu 0,842 Watt pada *TSR* 0,7. Sehingga, *bearing* yang paling optimal digunakan untuk turbin agar menghasilkan daya maksimal adalah *bearing* (C).



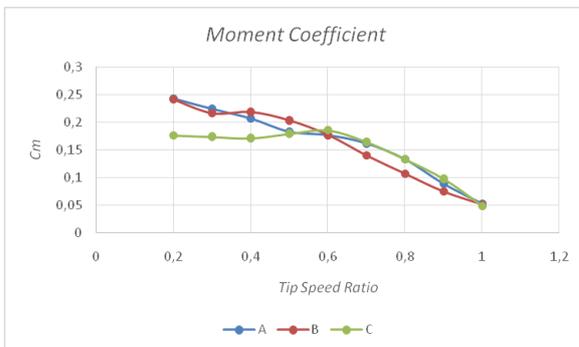
Gambar 8 Grafik Perbandingan Daya

Gambar 9 dapat dilihat bahwa C_p yang dihasilkan oleh ketiga *bearing* mencapai nilai tertinggi pada *TSR* 0,7 yaitu diperoleh *bearing* (C) sebesar 0,115 atau 11,5%.



Gambar 9 Grafik pemetaan C_p

Selanjutnya berdasarkan data torsi yang telah diperoleh, digunakan untuk mengetahui besarnya C_m pada setiap sampel. Pada Gambar 10 dapat diketahui bahwa C_m yang tertinggi adalah 0,242 atau 24,2% yang dihasilkan oleh *bearing* (A).



Gambar 10 Grafik pemetaan C_m

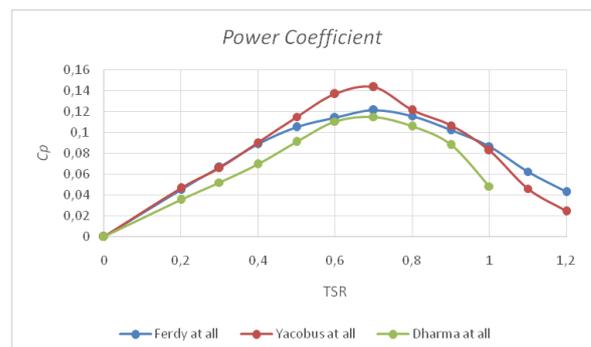
Setelah penelitian dilaksanakan, hasilnya dibandingkan dengan penelitian lain yang sejenis. Perbandingan dilaksanakan dengan membandingkan turbin yang menggunakan *bearing* dengan C_p dan C_m maksimum pada setiap penelitian.

Pembanding C_p tertinggi adalah *steel bearing* dimensi 17×35×8 mm (Ferdy at all) dan *ceramic bearing* dimensi 17×30×7 mm (Yacobus at all) yang dibandingkan dengan C_p tertinggi penelitian ini yaitu *steel bearing (self aligning ball bearing)* dimensi 17×47×14 mm.

Perbandingan dengan Penelitian Sejenis

Tabel 7 Perbandingan C_p maksimum dengan penelitian lain

λ	C_p		
	<u>Ferdy at all</u>	<u>Yacobus at all</u>	<u>Dharma at all</u>
1,2	0,0428	0,0245	
1,1	0,0626	0,0460	
1	0,0867	0,0828	0,0485
0,9	0,102	0,107	0,0881
0,8	0,115	0,121	0,105
0,7	0,121	0,143	0,115
0,6	0,113	0,136	0,110
0,5	0,104	0,114	0,0909
0,4	0,0887	0,0906	0,0693
0,3	0,0665	0,0657	0,0520
0,2	0,0456	0,0467	0,0354
0	0	0	0
Max	0,121	0,143	0,115



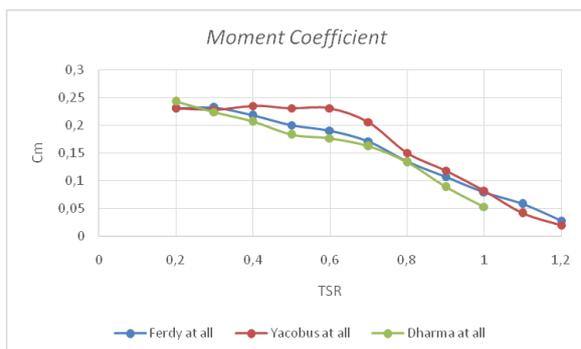
Gambar 11 Grafik perbandingan C_p maksimum dengan penelitian lain

Menurut tabel 7 dan gambar 11, diperoleh C_p tertinggi adalah turbin dengan *bearing* Yacobus at all yaitu *ceramic ball bearing* dimensi 17×30×7 mm yaitu 0,143 atau 14,3%.

Selanjutnya pembandingan C_m tertinggi adalah *steel bearing* dimensi 17×35×10 mm (Ferdy at all) dan *ceramic bearing* dimensi 17×30×7 mm (Yacobus at all) yang dibandingkan dengan C_m tertinggi penelitian ini yaitu *steel bearing* dimensi 17×40×12 mm.

Tabel 8 Perbandingan C_m maksimum dengan penelitian lain

λ	C_m		
	Ferdy at all	Yacobus at all	Dharma at all
1,2	0,0289	0,0203	
1,1	0,0583	0,0417	
1	0,0802	0,0829	0,0535
0,9	0,107	0,118	0,0890
0,8	0,135	0,151	0,133
0,7	0,171	0,206	0,162
0,6	0,190	0,231	0,177
0,5	0,200	0,230	0,183
0,4	0,218	0,235	0,208
0,3	0,231	0,228	0,224
0,2	0,230	0,230	0,242
Max	0,231	0,235	0,242



Gambar 12 Grafik perbandingan C_m maksimum dengan penelitian lain

Menurut tabel 8 dan gambar 12, diperoleh C_m tertinggi adalah turbin dengan *bearing* Dharma at all yaitu *steel ball bearing* dimensi 17×30×7 mm.

PENUTUP

Simpulan

1. Turbin dengan *bearing* yang ketebalannya kecil akan menghasilkan

rata-rata RPM, torsi, dan daya lebih besar daripada turbin dengan *bearing* yang ketebalannya besar. Hal ini dikarenakan *bearing* yang ketebalannya kecil memiliki massa atau beban yang lebih kecil sehingga performa turbin lebih optimal.

2. Pada dimensi yang sama, turbin dengan *self aligning ball bearing* menghasilkan rata-rata nilai RPM, torsi, dan daya yang lebih besar dibandingkan turbin dengan *deep groove ball bearing*. Hal ini dikarenakan *self aligning ball bearing* akan menghasilkan friction yang lebih kecil sehingga performa turbin menjadi lebih optimal.
3. Berdasarkan 3 *bearing* yang diuji, turbin *bearing C (self aligning ball bearing)* dimensi 17×47×14 mm menghasilkan RPM maksimal paling tinggi yaitu 323 RPM. Turbin dengan *bearing C* juga menghasilkan rata-rata nilai daya paling

PROSIDING

SEMINAR NASIONAL INOVASI TEKNOLOGI PENERBANGAN (SNITP) TAHUN 2021

ISSN : 2548 – 8112 eISSN: 2622-8890

besar yaitu 0,842 watt. Sedangkan turbin dengan *bearing A* yaitu *deep groove ball bearing* dimensi 17×40×12 mm menghasilkan rata-rata nilai torsi paling besar yaitu 0,0568.

4. Sesuai persamaan, nilai C_p akan berbanding lurus dengan daya sehingga C_p tertinggi pada penelitian ini dihasilkan oleh turbin dengan *bearing C* yaitu sebesar 0,115 atau 11,5%.
5. Berdasarkan persamaan, nilai C_m akan berbanding lurus dengan momen gaya atau torsi sehingga C_m tertinggi pada penelitian ini dihasilkan oleh turbin dengan *bearing A* yaitu sebesar 0,242 atau 24,2%.
6. Berdasarkan hasil perbandingan C_p dan C_m maksimum antara penelitian ini dengan penelitian yang serupa, diperoleh hasil C_p tertinggi yaitu turbin dengan *bearing ceramic* berdimensi 17×30×7 mm sebesar 0,143 atau 14,3% dan hasil C_m tertinggi yaitu turbin dengan *bearing steel* dimensi 17×40×12 mm sebesar 0,242 atau 24,2%.

Saran

1. Dalam pemilihan *bearing* dengan pertimbangan nilai RPM, torsi, dan daya disarankan lebih menggunakan *bearing* dengan ketebalan yang kecil.
2. Dengan dimensi yang sama, dalam pemilihan *bearing* dengan pertimbangan RPM, torsi, dan daya disarankan untuk menggunakan *bearing* bertipe *self aligning ball bearing (double row)* daripada *deep groove ball bearing (single row)*.
3. Diharapkan untuk penelitian selanjutnya dapat diperluas untuk penentuan variabel bebas dan variabel kontrol penelitian.

4. Dalam sebuah pelaksanaan penelitian sangat perlu ditumbuhkan sikap gigih dan pantang menyerah karena merupakan modal utama dalam suatu bentuk kegiatan ilmiah, baik penelitian maupun dalam dunia kerja.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. A. Al Banjari, “Pengaruh Penambahan Bearing Camshaft Terhadap Performa Mesin Pada Motor Bensin 4 Langkah 150 cc,” *J. Tek. Mesin dan Pembelajaran*, 2020.
- [2] A. T. Elsyamba, S. Mulyadi, and B. A. Fachri, “Pengaruh Tipe Single Dan Double Row Angular Contact Ball Bearing Terhadap Rolling Resistance,” *J-Proteksion*, 2019.
- [3] A. C. Rahardo, F. X. Kristianta, and R. K. K. Wibowo, “Pengaruh Material Single Row Deep Groove Ball Bearing Terhadap Rolling Resistance,” *J-Proteksion*, 2018.
- [4] R. SUHARTO, *Perbandingan Performa Bearing Keramik Dan Bearing Baja (Steel) Pada Mobil Nogogeni V Its Team*. repository.its.ac.id, 2021.
- [5] E. S. Wijianti, “PENGARUH MATERIAL BEARING TERHADAP KONSUMSI BAHAN BAKAR MOBIL HEMAT ENERGI TARSIOUS GV-1,” *Mach. J. Tek. Mesin*, 2018.