BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1 Data Hasil Pengujian

Data hasil pengujian pengaruh lebar bilah terhadap unjuk kerja turbin angin tipe bilah bersirip

- Tabel 4.1 Data pengujian tegangan generator listrik (V)

Perbandingan ls/lb	Kecepatan Angin (m/s)	Tegangan Generator Listrik (V)			Rata-rata
1/2	3	0,39	0,37	0,41	0,390
	4	0,82	0,84	0,84	0,830
	5	1,21	1,23	1,24	1,226
	6	1,69	1,68	1,69	1,697
	7	1,92	1,95	1,94	1,937
3/5	3	0,48	0,49	0,49	0,487
	4	1,01	0,98	0,97	0,986
	5	1,42	1,44	1,47	1,443
	6	1,97	1,98	1,98	1,977
	7	2,25	2,26	2,24	2,250
2/3	3	0,67	0,66	0,66	0,663
	4	1,12	1,15	1,16	1,143
	5	1,92	1,91	1,95	1,927
	6	2,22	2,21	2,23	2,222
	7	2,49	2,51	2,48	2,493

- Table 4.2 Data pengujian kuat arus generator listrik (A)

Perbandingan ls/lb	Kecepatan Angin (m/s)	Arus Generator Listrik (A)			Rata-rata
1/2	3	0,0039	0,0037	0,0041	0,00390
	4	0,0082	0,0084	0,0084	0,00833
	5	0,0121	0,0123	0,0123	0,01226
	6	0,0169	0,0168	0,0169	0,01687
	7	0,0192	0,0195	0,0194	0,01937
3/5	3	0,0048	0,0049	0,0049	0,00487
	4	0,0101	0,0098	0,0097	0,00987
	5	0,0142	0,0144	0,0147	0,01443
	6	0,0197	0,0198	0,0198	0,01977
	7	0,0225	0,0226	0,0224	0,02190
2/3	3	0,0067	0,0066	0,0066	0,00663
	4	0,0112	0,0115	0,0116	0,01143
	5	0,0192	0,0191	0,0195	0,01926
	6	0,0222	0,0221	0,0223	0,02220
	7	0,0249	0,0251	0,0248	0,02493

- Table 4.3 Data pengujian putaran poros turbin (rpm)

Perbandingan ls/lb	Kecepatan Angin (m/s)	Putaran Poros Turbin (rpm)			Rata-rata
1/2	3	51	50	49	50,00
	4	89	90	87	88,67
	5	108	110	112	110,67
	6	149	150	149	149,33
	7	164	161	162	162,33
3/5	3	59	60	62	60,33
	4	102	111	116	109,33
	5	138	140	143	140,33
	6	162	161	164	162,33
	7	185	186	188	186,33
2/3	3	77	74	75	75,33
	4	117	115	120	117,33
	5	150	154	152	152,00
	6	175	179	178	177,33
	7	201	199	197	199,00

4.1.2 Pengolahan Data

Perhitungan data dilakukan untuk mencari nilai daya poros, torsi dan efisiensi turbin angin tipe bilah bersirip dengan pengaruh lebar bilah. Di bawah ini adalah contoh perhitungan data hasil penelitian untuk bilah dengan perbandingan ls/lb = 2/3 dan kecepatan 5 m/s. Contoh perhitungan:

Data yang diperoleh saat penelitian adalah sebagai berikut:

- Panjang bilah (p) : 0,25 m
- Lebar sirip (ls) berbanding lebar bilah (lb) : 4/6 = 2/3 (menggunakan lebar bilah untuk perhitungan yaitu 6 cm = 0,06 m)
- Hambatan : 100 Ω
- Efisiensi generator listrik (η) : 80%
- Kecepatan angin (v) : 3-7 m/s
- Temperatur udara ruangan (T) : 27°C

Dari temperatur udara pada 27°C tersebut didapatkan nilai massa jenis udara sebagai berikut (berdasar tabel viskositas dan massa jenis udara pada tekanan 1 atm (J.P Holman, 1997 : 589) :

- Massa jenis udara (ρ) : 1,18 kg/m^3

  Contoh perhitungan data:

  Luas penampang turbin (A)

  A = p.l

  A = 0,25 m . 0,06 m

  A = 0,015 m^2

- Daya angin (P_{angin}), pada kecepatan angin (v) = 5 m/s

  P_{angin} = ½. ρ . A . v^3

  = ½. 1,18 kg/m^3 . 0,015 m^2 . $(5)^3$ m/s

  = 1,10625 Watt

- Daya Poros (BHP), pada kecepatan angin (v) = 5 m/s

  Didapatkan tegangan listrik (V) = 1,93 Volt dan arus (I) = 0,0193 Ampere

  BHP = $\frac{V.I}{\eta}$

  BHP = $\frac{0{,}0193\ .1{,}93}{80\%}$

BHP = 0,046 Watt

- Torsi (Nm)

$$T = \frac{BHP}{2.\pi\frac{n}{60}}$$

$$= \frac{0,046}{2.\ 3,14.\ 2,5}$$

= 0.0029 Nm

- Efisiensi (η)

$$\eta = \frac{BHP}{P\ angin}\ 100\%$$

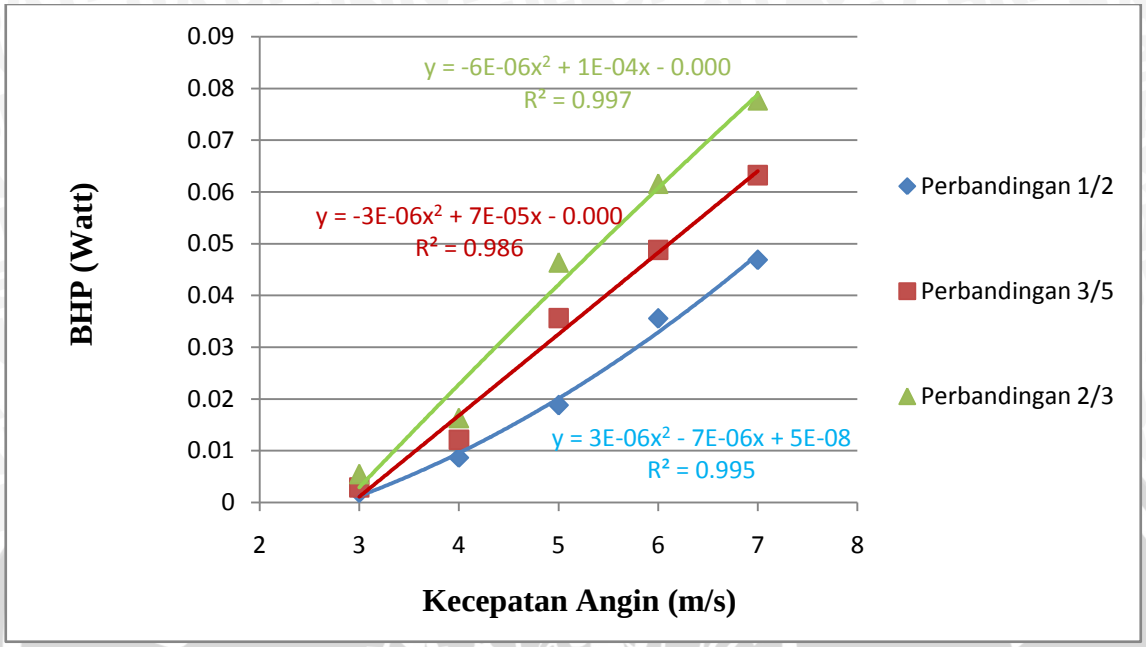
$$= \frac{0,046}{1,10625}\ 100\ \%$$

= 4,19%

Dari data-data hasil penelitian dapat diolah menjadi daya poros (BHP), Torsi (T), Efisiensi (η) dengan menggunakan contoh perhitungan seperti contoh di atas. Hasilnya dapat dilihat pada tabel 4.4 berikut ini:

4.2 Pembahasan

4.2.1 Grafik Hubungan Antara *Brake Horse Power* (BHP) Terhadap Kecepatan Angin

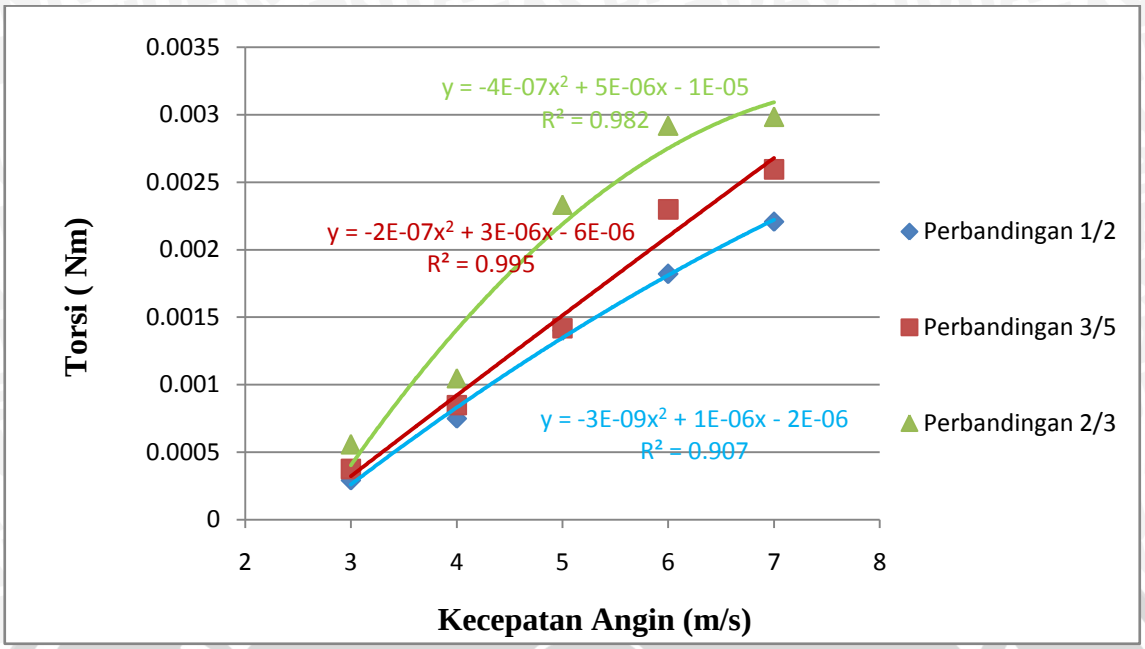


Gambar 4.1 Hubungan kecepatan angin terhadap BHP.

Pada gambar 4.1 dapat dilihat bahwa kecenderungan grafik semakin meningkat seiring dengan bertambahnya kecepatan angin. Hal ini dapat disebabkan karena adanya momentum angin yang menumbuk bilah turbin angin bersirip meningkat setiap detiknya sehingga gaya dorong dan torsi untuk memutar turbin tersebut juga semakin besar. Pada kecepatan angin yang sama semakin lebar luas bilah turbin maka akan semakin bertambah pula BHP yang dihasilkan karena ketika arah angin searah dengan arah bilah, angin akan lebih banyak menumbuk pada bilah yang lebih lebar jika dibandingkan dengan bilah yang kurang lebar.

Dari gambar 4.1 dapat kita lihat pula bahwa nilai BHP dari yang terendah sampai yang tertinggi pada turbin angin tipe bilah bersirip dicapai oleh bilah dengan perbandingan 1/2 kemudian bilah dengan perbandingan 3/5 dan yang terakhir bilah dengan perbandingan 2/3. BHP tertinggi yang dicapai oleh bilah dengan perbandingan 2/3 adalah 7,59 x 10^{-2} Watt. Kemudian untuk bilah dengan perbandingan 3/5 adalah 6,33 x 10^{-2} Watt. Lalu untuk bilah dengan perbandingan 1/2 adalah 4,69 x 10^{-2} Watt. Dan untuk masing-masing perbandingan ls/lb pada suatu bilah yang mendapatkan nilai BHP tertinggi terjadi pada saat kondisi kecepatan angin 7 m/s.

4.2.2 Grafik Hubungan Antara Torsi Terhadap Kecepatan Angin



Gambar 4.2 Hubungan antara kecepatan angin terhadap torsi.

Dari gambar 4.2 terlihat bahwa kecenderungan grafik meningkat dimana torsi untuk turbin tersebut meningkat seiring dengan bertambahnya kecepatan angin. Hal tersebut disebabkan karena adanya gaya dorong yang bekerja pada bilah turbin juga semakin besar, sehinggga mengakibatkan torsi menjadi naik. Kenaikan torsi tersebut dikarenakan daya poros yang juga semakin meningkat seiring dengan bertambahnya kecepatan angin. Kenaikan nilai BHP itu sendiri dikarenakan putaran poros yang semakin meningkat sehingga dihasilkan voltase dan arus yang besar pula pada turbin angin tipe bilah bersirip, oleh karena itu nilai BHP berbanding lurus dengan daya generator,Seperti pada rumus :

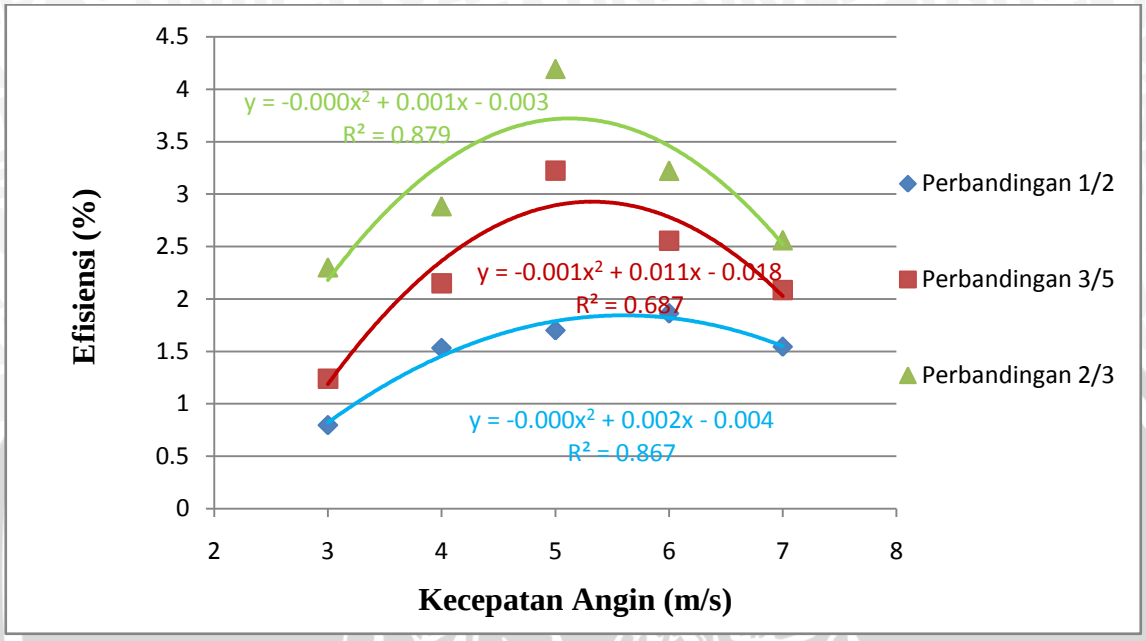
$$\text{BHP} = \frac{P\ generator}{\eta\ gene\ rator}$$

Untuk bilah dengan perbandingan 2/3 cenderung memiliki torsi yang lebih besar dari bilah dengan perbandingan 1/2 dan 3/5 ketika masing-masing bilah tersebut berada pada kecepatan 3-7 m/s. Hal ini terjadi karena ketika arah angin berlawanan dengan arah bilah, angin akan lebih banyak menumbuk pada bilah dengan lebar bilah paling tinggi dibandingkan lebar bilah paling rendah.

Pada gambar 4.2 dapat disimpulkan bahwa nilai torsi tertinggi dicapai oleh turbin dengan perbandingan 2/3, yaitu sebesar 2,984 x 10^{-3} Nm. Kemudian diikuti dibawahnya oleh bilah dengan perbandingan 3/5 sebesar 2,595 x 10^{-3} Nm. Selanjutnya

yang terakhir adalah bilah dengan perbandingan 1/2 dengan nilai torsi 2,207 x 10^{-3} Nm. Dari masing-masing bilah turbin tersebut, torsi tertinggi diperoleh pada saat kecepatan angin 7 m/s.

4.2.3 Grafik Hubungan Antara Efisiensi Terhadap Kecepatan Angin



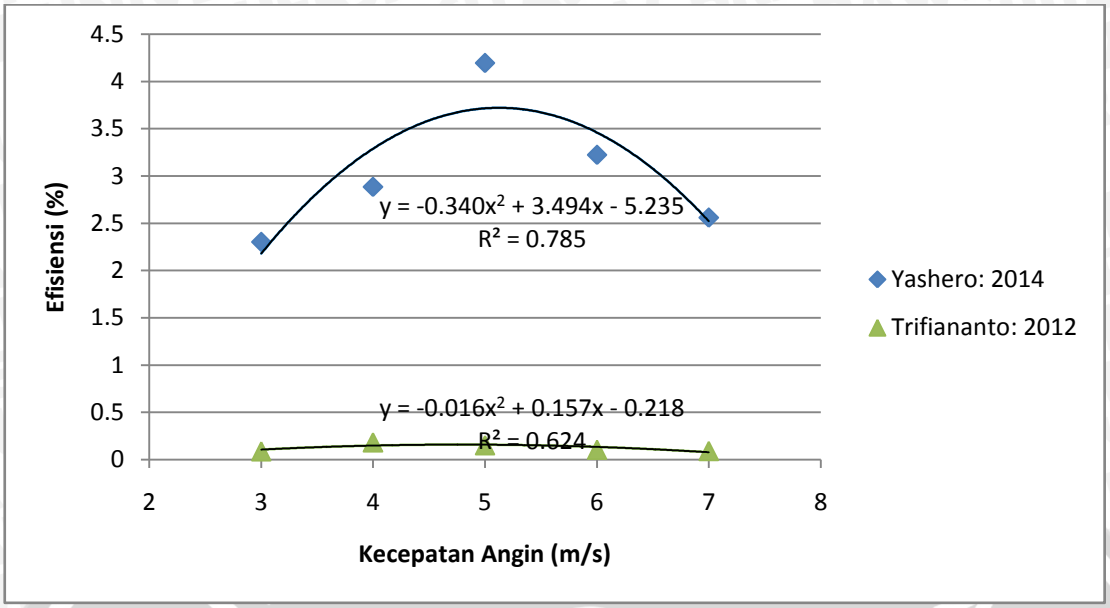
Gambar 4.3 Hubungan antara kecepatan angin terhadap efisiensi.

Pada gambar 4.3 dapat dilihat bahwa grafik cenderung naik kemudian mengalami penurunan. Efisiensi merupakan perbandingan antara *output* dengan *input*. Efisiensi tertinggi pada bilah dengan perbandingan 2/3 diikuti dibawahnya bilah dengan perbandingan 3/5 dan 1/2. Hal ini dikarenakan BHP yang dihasilkan oleh bilah dengan perbandingan 2/3 cenderung lebih besar daripada keduanya.

Pada gambar 4.3 terlihat bahwa grafik mengalami penurunan setelah masing-masing dari bilah bersirip tersebut mencapai efisiensi puncaknya. Penurunan ini dikarenakan kenaikan BHP tidak sebanding dengan daya angin yang peningkatannya semakin besar seiring peningkatan kecepatan angin.

Jadi dapat disimpulkan bahwa nilai efisiensi tertinggi diperoleh pada bilah dengan perbandingan 2/3 dan kecepatan angin sebesar 5 m/s dengan efisiensi sebesar 4,19 %.

4.2.4 Grafik Perbandingan Efisiensi yang Dihasilkan Antar Turbin



Gambar 4.4 Perbandingan efisiensi yang dihasilkan antar turbin.

Pada gambar 4.4 dapat dilihat bahwa efisiensi tertinggi dihasilkan oleh turbin angin tipe bilah bersirip yang telah diteliti oleh penulis dengan variasi perbandingan 2/3 sebesar 4,19 % pada kecepatan angin 5 m/s. Nilai efisiensi tersebut merupakan nilai efisiensi tertinggi jika dibandingkan dengan nilai efisiensi yang dihasilkan oleh turbin angin tipe bilah bersirip yang telah diteliti oleh Trifiananto (2012) dengan variasi panjang bilah 25 cm yaitu sebesar 0,1839 % pada kecepatan angin 4 m/s.Hal ini disebabkan sirip dari turbin angin tipe bilah bersirip milik Trifiananto (2012) lebih berat dari sirip milik penulis. Untuk sirip yang lebih berat mekanisme buka dan tutup saat bilah terkena angin lebih sulit,sementara untuk sirip yang lebih ringan lebih mudah.