

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian dan Pengolahan Data

4.1.1 Metode Pengambilan Data

Data yang didapatkan dalam penelitian ini antara lain putaran turbin (n) dan gaya pengereman (F_1 dan F_2). Putaran turbin digunakan untuk menghitung kecepatan anguler ω (rad/s), sedangkan gaya pengereman digunakan untuk menghitung torsi.

Pada awalnya turbin dengan sudu 3 dipasang pada rumah turbin dan di letakkan pada instalasi pengujian turbin air. Kemudian menyalakan pompa dan mengatur debit sebesar 50 m³/jam dan di catat nilai putarannya. Setelah itu diberi beban dengan menghubungkan dua neraca pegas dengan *pulley* pada rumah turbin. Kemudian *tip speed ratio* divariasikan dengan cara menambah gaya pengeremannya (F_1 dan F_2) secara berkala sehingga putaran turbin berubah. Selanjutnya dilakukan proses yang sama untuk turbin dengan sudu 4 dan 5.

Data yang sudah diperoleh kemudian di hitung untuk mendapatkan torsi, daya air (WHP), daya poros (BHP), *tip speed ratio* (TSR) , dan efisiensi. Dan setelah itu di buat grafik hubungan antara *tip speed ratio* terhadap efisiensi turbin air helikal pada sudu yang berbeda.

4.1.2 Data Penelitian

Data pengujian turbin air helikal kemudian disajikan dalam bentuk tabel 4.1 sebagai berikut :

Tabel 4.1 Data hasil penelitian

n	Jumlah sudu					
	3		4		5	
	F1	F2	F1	F2	F1	F2
29,7	0,4	0,5	0,5	0,6	0,5	0,6
44,60	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5
59,40	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4
74,30	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3
89,20	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
104,00	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
118,90	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1

4.1.3 Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan untuk mendapatkan nilai torsi, BHP, WHP, *tip speed ratio*, *power coefficient*, dan efisiensi.

Contoh perhitungan dari data penelitian sudu 5 :

- Debit air (Q) : $50 \text{ m}^3/\text{jam} \approx 0,014 \text{ m}^3/\text{s}$
- Gaya pengereman (F) : 0,9 N
- Luas saluran (A) : $\pi \times R^2 = 3,14 \times (0,125)^2 = 0,05 \text{ m}^2$
- Putaran turbin (n) : 44,6 rpm
- Radius turbin (R) : 9 cm $\approx 0,09 \text{ m}$
- Lengan *pulley* (L) : 4,5 cm $\approx 0,045 \text{ m}$

1. Torsi (T)

$$T = F \times L$$

$$T = 0,9 \times 0,045$$

$$T = 0,041 \text{ Nm}$$

2. Daya poros (BHP)

$$\text{BHP} = T \times \omega$$

$$\text{BHP} = 0,041 \times \frac{2 \times 3,14 \times 44,6}{60}$$

$$\text{BHP} = 0,189 \text{ Watt}$$

3. Kecepatan aliran (Vs)

$$Q = A \times V_s$$

$$0,014 = 0,05 \times V_s$$

$$V_s = 0,28 \text{ m/s}$$

4. *Tip speed ratio* (TSR)

$$\text{TSR} = \frac{\omega R}{V_s}$$

$$\text{TSR} = \frac{\frac{2 \times 3,14 \times 44,6}{60} \times 0,09}{0,28}$$

$$\text{TSR} = 1,5$$

5. Daya air (WHP)

$$\text{WHP} = \frac{1}{2} \rho Q (Vs)^2$$

$$\text{WHP} = \frac{1}{2} \times 1000 \times 0,014 \times (0,28)^2$$

$$\text{WHP} = 0,549 \text{ Watt}$$

6. *Power coefficient* (Cp)

$$Cp = \frac{\text{BHP}}{\text{WHP}}$$

$$Cp = \frac{0,189}{0,549}$$

$$Cp = 0,34$$

7. Efisiensi

$$\eta = Cp \times 100\%$$

$$\eta = 0,34 \times 100\%$$

$$\eta = 34 \%$$

4.2 Pembahasan

Pembahasan dibuat untuk mengetahui bagaimana pengaruh jumlah sudu terhadap torsi dan efisiensi turbin air helikal. Data penelitian disajikan dalam bentuk grafik dan kemudian di analisa.

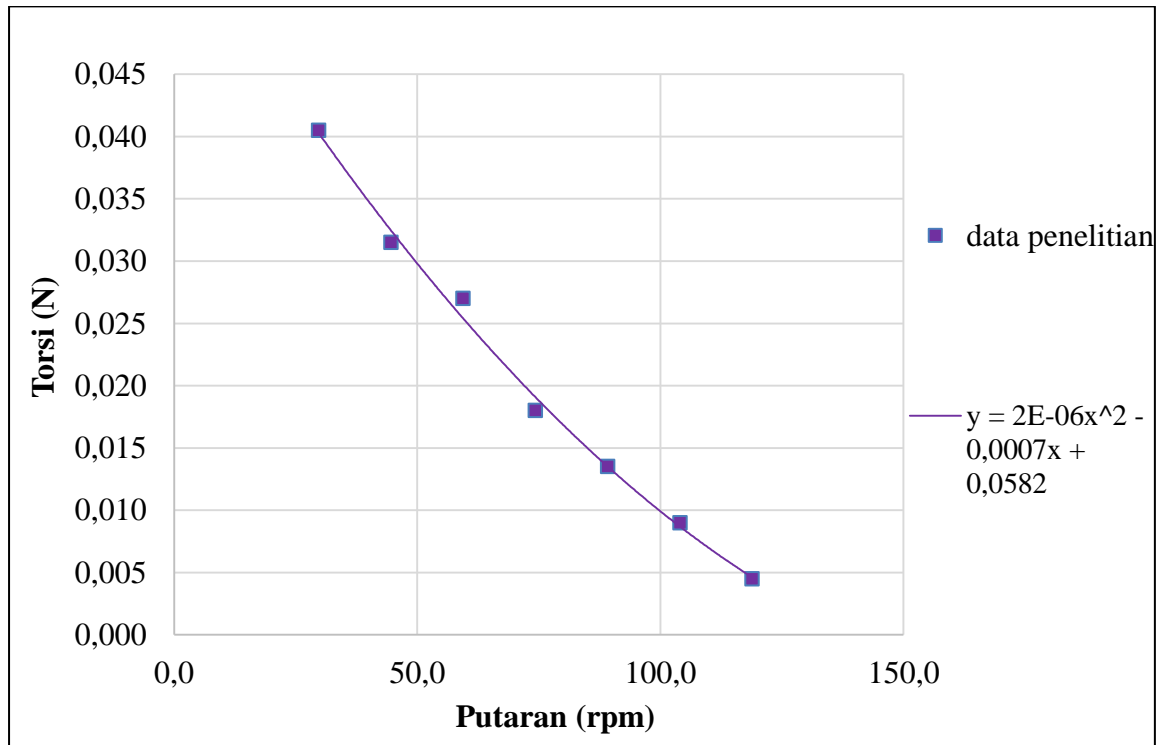
4.2.1 Hubungan Antara *Tip Speed Ratio* Terhadap Efisiensi dengan Sudu 3

Hasil perhitungan turbin air helikal dengan sudu 3 selanjutnya akan disajikan dalam bentuk tabel 4.2 sebagai berikut:

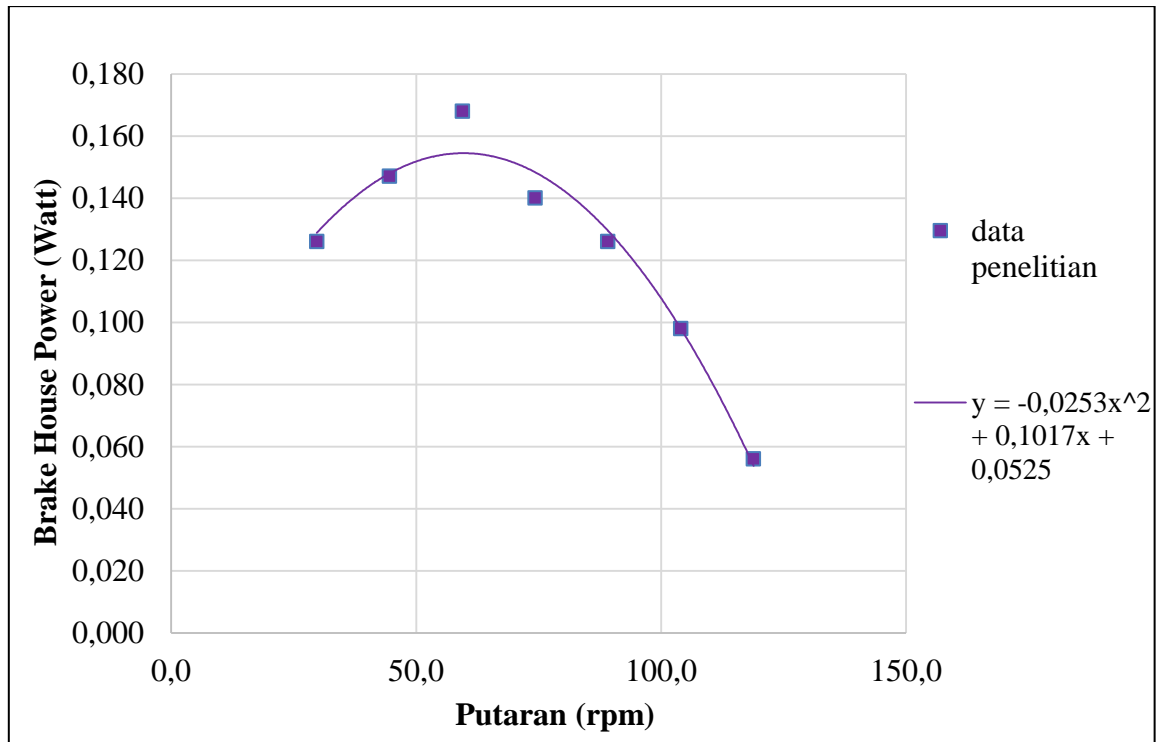
Tabel 4.2 Perhitungan unjuk kerja turbin air helikal sudu 3

n	F	TSR	T	BHP	WHP	Efisiensi
29,7	0,9	1,00	0,041	0,126	0,549	23%
44,6	0,7	1,50	0,032	0,147	0,549	27%
59,4	0,6	2,00	0,027	0,168	0,549	31%
74,3	0,4	2,50	0,018	0,140	0,549	26%
89,2	0,3	3,00	0,014	0,126	0,549	23%
104,0	0,2	3,50	0,009	0,098	0,549	18%
118,9	0,1	4,00	0,005	0,056	0,549	10%

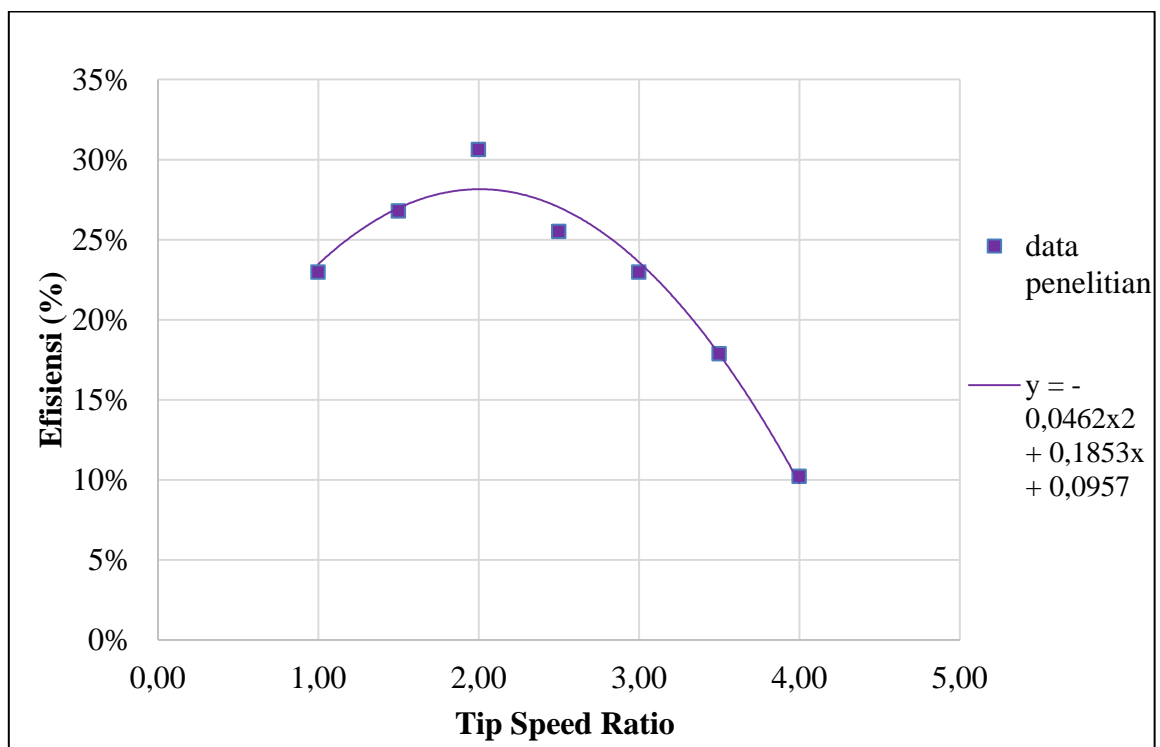
Perhitungan unjuk kerja turbin air pada tabel 4.1 selanjutnya disajikan dalam bentuk grafik pada gambar 4.1, 4.2, dan 4.3.



Gambar 4.1 Grafik hubungan antara putaran terhadap torsi variasi jumlah sudu 3 turbin air helikal dengan sudut puntir 90^0



Gambar 4.2 Grafik hubungan antara putaran terhadap daya poros (BHP) variasi jumlah sudu 3 turbin air helikal dengan sudut puntir 90^0



Gambar 4.3 Grafik hubungan antara *tip speed ratio* terhadap efisiensi variasi jumlah sudu 3 Turbin air helikal dengan sudut puntir 90^0

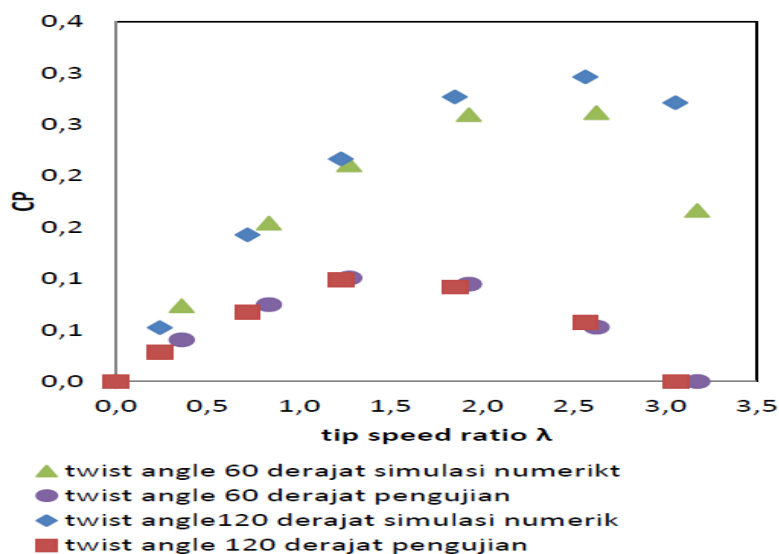
Gambar 4.1 menunjukkan hubungan antara putaran terhadap torsi untuk turbin dengan sudu 3. Pada grafik terlihat bahwa semakin kecil putaran maka torsi akan semakin besar. Pada putaran terbesar nilai torsi pada sudu 3 mencapai 0,041 N, sedangkan pada putaran terendah nilai torsi sebesar 0,005 N. Hal tersebut disebabkan karena semakin besar gaya pengereman yang diberikan maka putaran turbin akan semakin menurun. Dengan semakin besar gaya pengereman maka nilai torsi akan meningkat. Hal ini sesuai dengan rumus :

$$T = F \times L$$

Pada gambar 4.2 merupakan hubungan antara putaran terhadap daya poros (BHP). Pada awalnya BHP akan naik apabila putarannya dinaikkan. Dan setelah mencapai nilai maksimalnya nilai BHP akan turun bila putarannya terus dinaikkan. Nilai BHP terbesar pada putaran 59,4 dengan nilai 0,168 Watt.

Kemudian pada gambar 4.3 menunjukkan hubungan antara *tip speed ratio* (TSR) terhadap efisiensi turbin air helikal dengan sudu 3. Pada gambar 4.3 diatas menunjukkan bahwa kecenderungan grafik efisiensi sama dengan grafik BHP. Hal ini disebabkan karena nilai WHP konstan. Nilai efisiensi terbesar yaitu 31% pada TSR 1,50.

Penelitian yang dilakukan oleh Kurniawan (2014) tentang kajian eksperimental dan numerikal turbin air helikal gorlov untuk *twist angle* 60° dan 120° mendapatkan hasil pada gambar 4.4



Gambar 4.4 Hasil penelitian turbin air helikal untuk *twist angle* 60° dan 90°
Sumber : Kurniawan (2014)

Dari gambar 4.4 C_p terbesar didapat untuk sudut 60° pada $TSR = 1,28$ yaitu 0,10 sedangkan C_p terbesar untuk sudut 120° didapat pada $TSR = 1,23$ yaitu 0,09. Dapat dilihat bahwa grafik pada gambar 4.4 mempunyai kecenderungan yang sama dengan hasil penelitian ini, yaitu pada awalnya nilai C_p akan naik dan setelah mencapai putaran tertentu akan turun. Penelitian yang dilakukan Kurniawan memiliki perbedaan nilai C_p dengan penelitian ini. Dimana pada penelitian ini memiliki nilai C_p terbesar yaitu 0,31 pada $TSR = 1,50$. Perbedaan ini disebabkan karena sedikitnya *losses* yang terjadi pada penelitian ini. Pada penelitian Kurniawan disebutkan bahwa nilai C_p pada rendah karena pada saat putaran tinggi akan terjadi pusaran (*wake*) yang terjadi dibelakang sudu, hal ini menyebabkan energi dari aliran tidak maksimal dikonversi. Hal ini menyebabkan nilai C_p akan menurun.

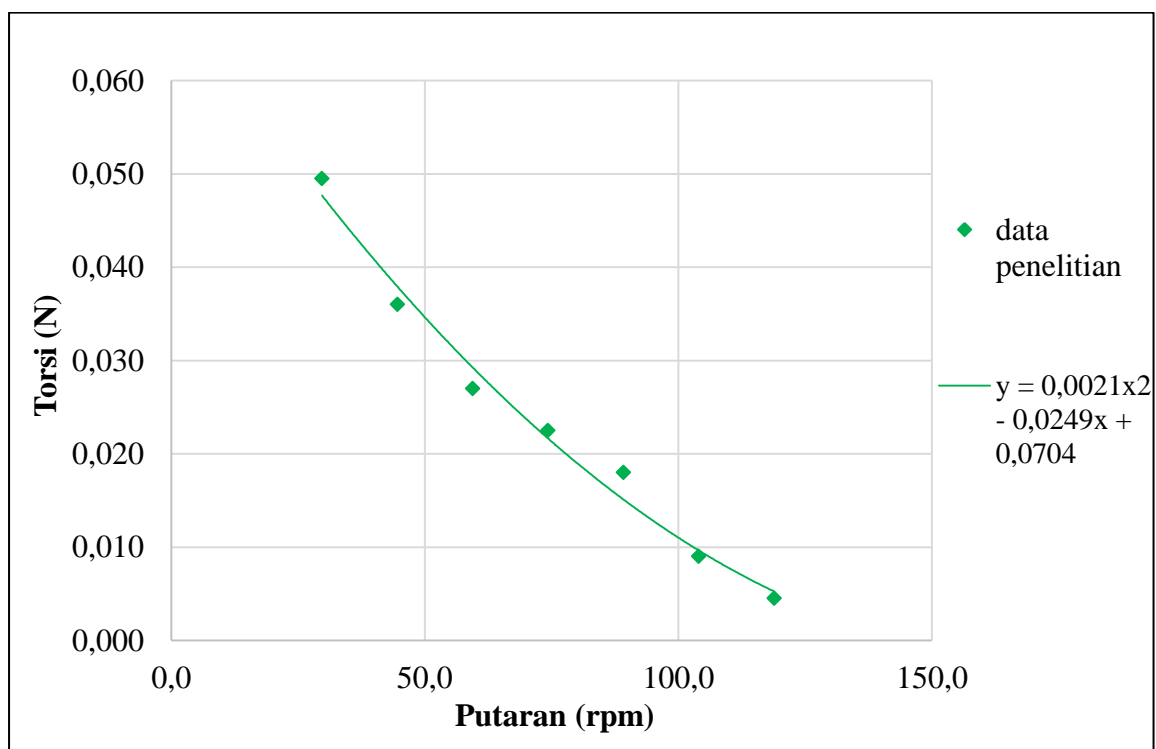
4.2.2 Hubungan Antara *Tip speed ratio* Terhadap Efisiensi dengan sudu 4

Hasil perhitungan turbin air helikal dengan sudu 3 selanjutnya akan disajikan dalam bentuk tabel 4.3 sebagai berikut:

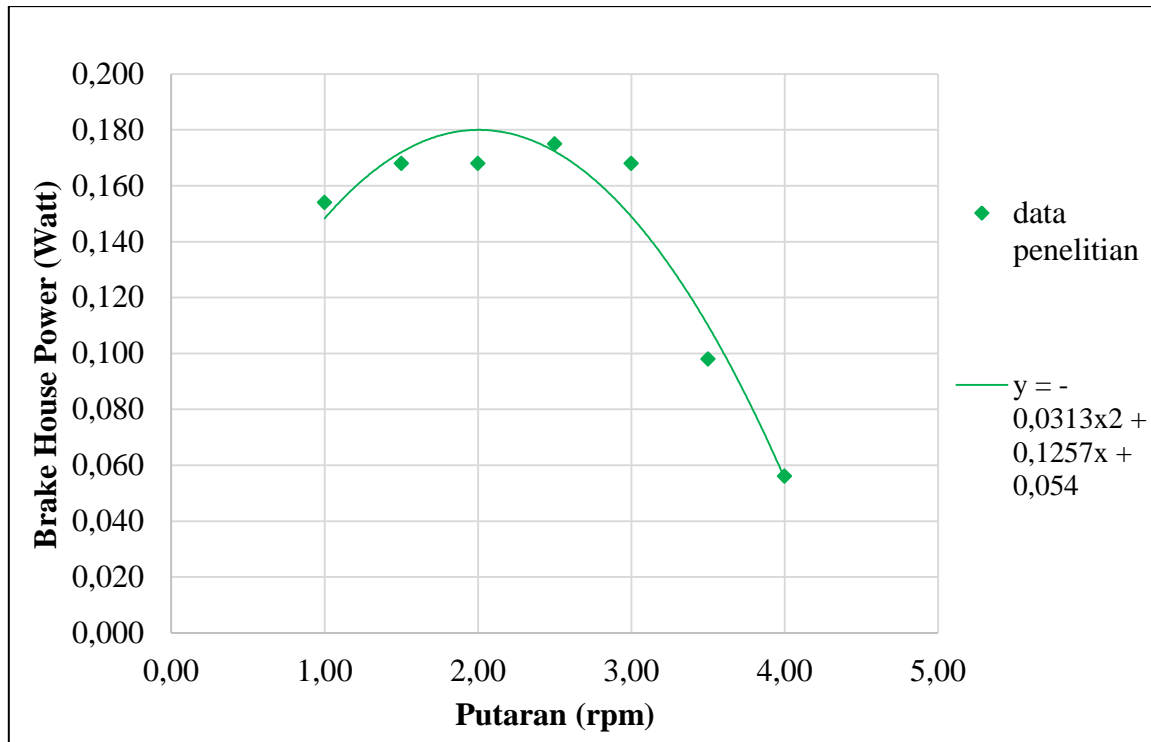
Tabel 4.3 Perhitungan unjuk kerja turbin air helikal sudu 4

n	F	TSR	T	BHP	WHP	Efisiensi
29,7	1,1	1,00	0,050	0,154	0,549	28%
44,6	0,8	1,50	0,036	0,168	0,549	31%
59,4	0,6	2,00	0,027	0,168	0,549	31%
74,3	0,5	2,50	0,023	0,175	0,549	32%
89,2	0,4	3,00	0,018	0,168	0,549	31%
104,0	0,2	3,50	0,009	0,098	0,549	18%
118,9	0,1	4,00	0,005	0,056	0,549	10%

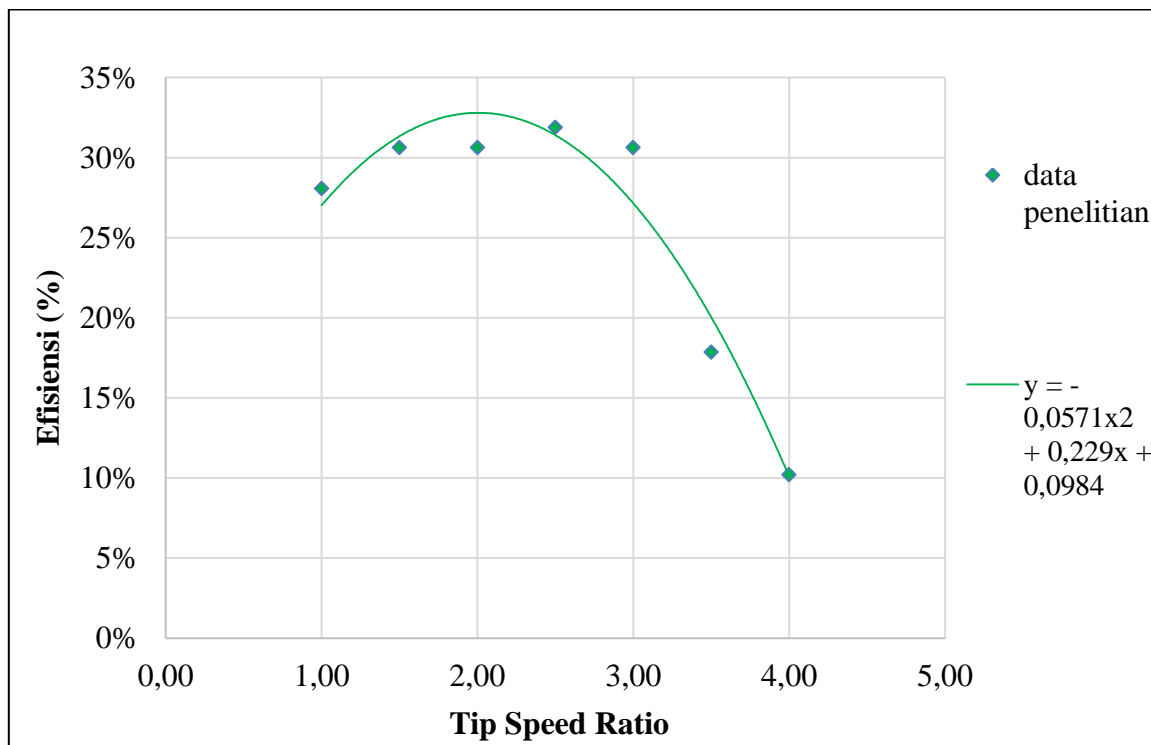
Perhitungan unjuk kerja turbin air pada tabel 4.2 selanjutnya disajikan dalam bentuk grafik pada gambar 4.5, 4.6, dan 4.7.



Gambar 4.5 Grafik hubungan antara putaran terhadap torsi variasi jumlah sudu 4 turbin air helikal dengan sudut puntir 90^0



Gambar 4.6 Grafik hubungan antara putaran terhadap daya poros (BHP) variasi jumlah sudu 4 turbin air helikal dengan sudut puntir 90^0



Gambar 4.7 Grafik hubungan antara *tip speed ratio* terhadap efisiensi variasi jumlah sudu 4 turbin air helikal dengan sudut puntir 90^0

Gambar 4.5 menunjukkan hubungan antara putaran terhadap torsi dengan variasi sudu 4. Pada grafik terlihat bahwa semakin kecil TSR maka torsi akan semakin besar. Pada putaran terendah nilai torsi pada sudu 4 mencapai 0,050 N. Sedangkan pada putaran tertinggi nilai torsi yaitu 0,005 N.

Dari tabel 4.6 diatas menunjukkan hubungan antara putaran terhadap daya poros (BHP) dapat dilihat bahwa garis kecenderungan putaran terhadap BHP pada rpm 118,9 mempunyai nilai sebesar 0,056 Watt. Kemudian pada putaran terendah nilai BHP sebesar 0,154. Garis kecenderungan BHP mengalami penurunan pada titik tertentu. Nilai BHP paling tinggi sebesar 0,175 Watt.

Pada gambar 4.7 menunjukkan hubungan antara *tip speed ratio* (TSR) terhadap efisiensi turbin air helikal sudu 4. Pada grafik diatas nilai efisiensi terbesar pada TSR 2,50 dengan nilai 32%. Kecenderungan garis efisiensi sama dengan garis BHP karena nilai nilai WHP konstan.

Terlihat bahwa semakin banyak gaya yang diberikan maka semakin kecil nilai putaran dari turbin helikal. Hal ini menyebabkan adanya penurunan garis kecenderungan dari nilai TSR terhadap nilai C_p . Putaran turbin mempengaruhi nilai TSR dimana sesuai dengan rumus :

$$TSR = \frac{\omega R}{V_s}$$

$$\text{Dimana nilai } \omega = \frac{2 \pi n}{60}$$

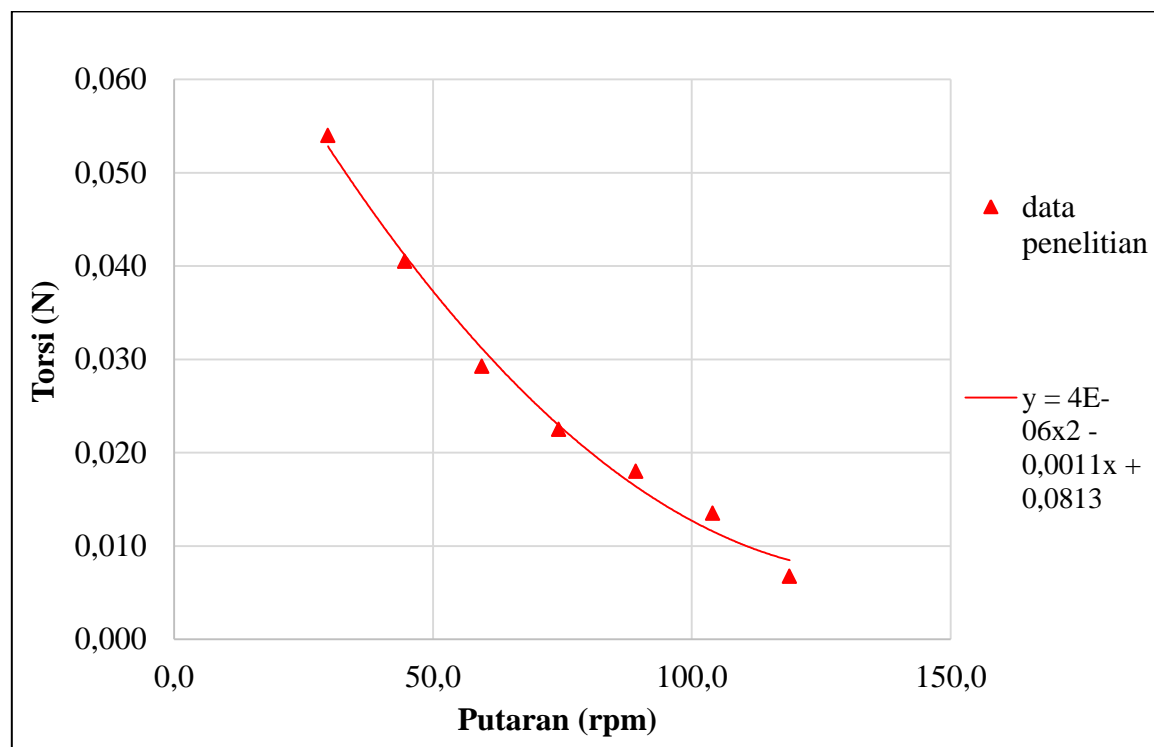
4.2.3 Hubungan Antara *Tip speed ratio* Terhadap Efisiensi dengan sudut 5

Hasil perhitungan turbin air helikal dengan sudut 3 selanjutnya akan disajikan dalam bentuk tabel 4.4 sebagai berikut:

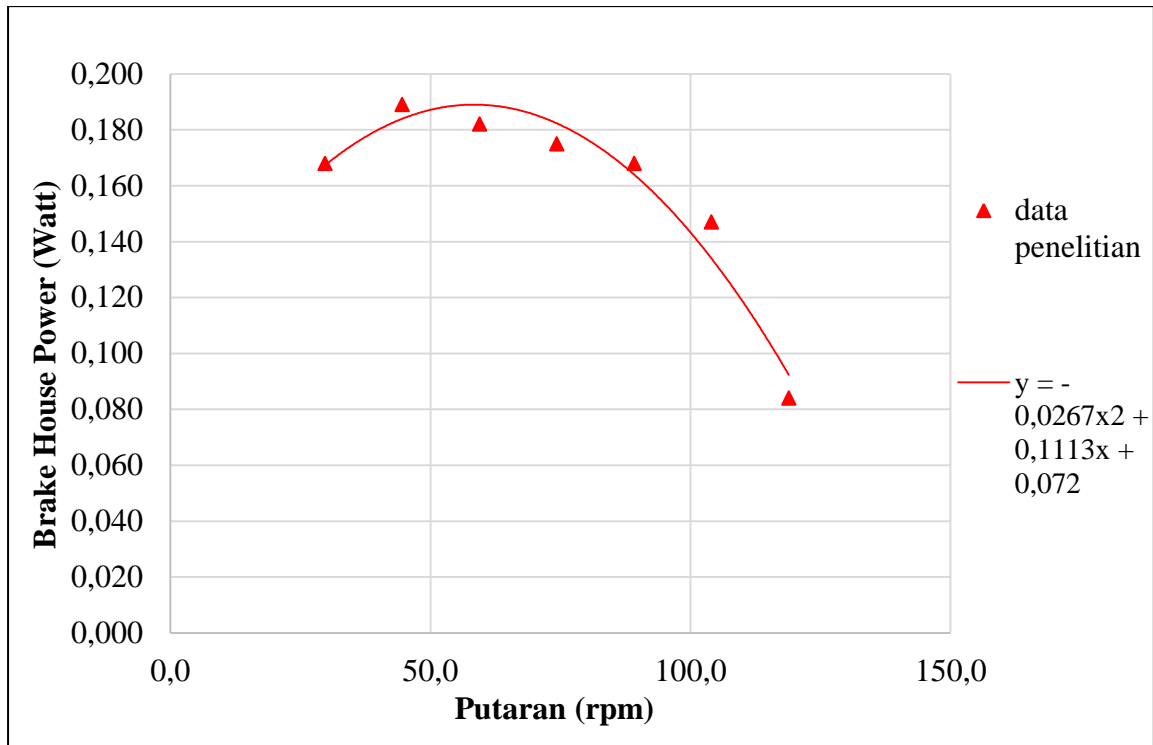
Tabel 4.4 Perhitungan unjuk kerja turbin air helikal sudut 5

n	F	TSR	T	BHP	WHP	Efisiensi
29,7	1,2	1,00	0,054	0,154	0,549	31%
44,6	0,9	1,50	0,041	0,189	0,549	34%
59,4	0,7	2,00	0,029	0,182	0,549	33%
74,3	0,5	2,50	0,023	0,175	0,549	32%
89,2	0,4	3,00	0,018	0,168	0,549	31%
104,0	0,3	3,50	0,014	0,147	0,549	27%
118,9	0,2	4,00	0,007	0,084	0,549	15%

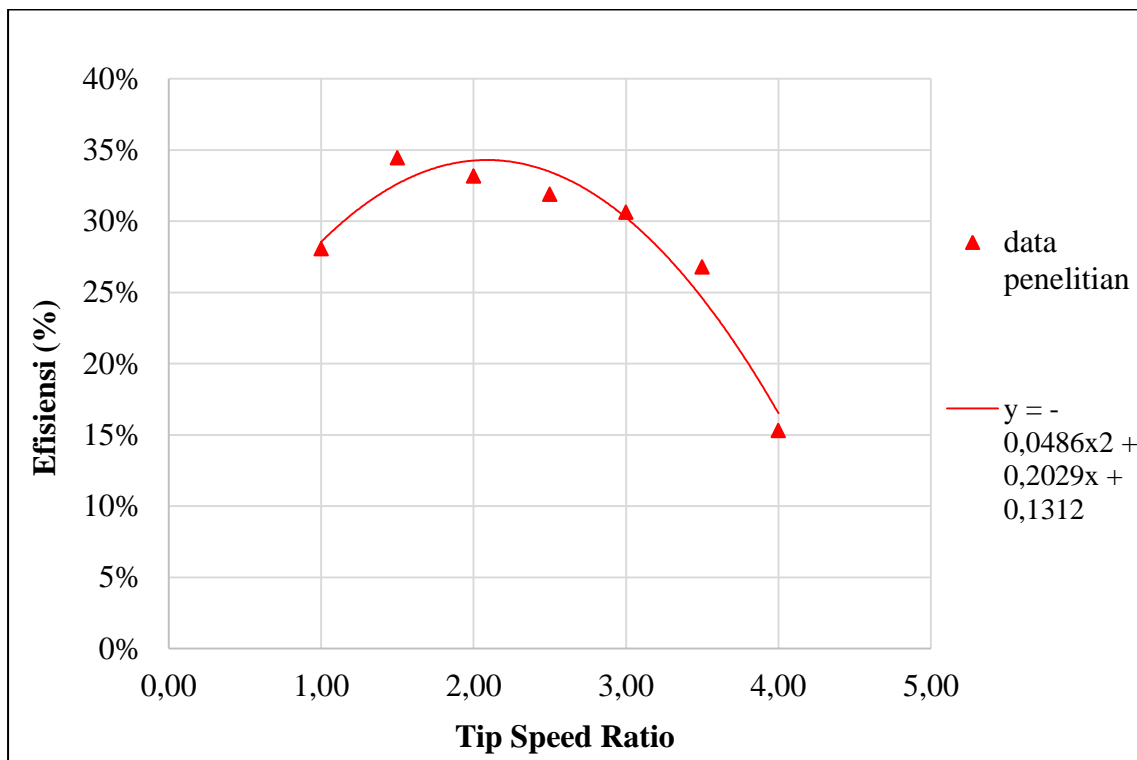
Perhitungan unjuk kerja turbin air pada tabel 4.3 selanjutnya disajikan dalam bentuk grafik pada gambar 4.8, 4.9, dan 4.10.



Gambar 4.8 Grafik hubungan antara putaran terhadap torsi variasi jumlah sudut 5 turbin air helikal dengan sudut puntir 90^0



Gambar 4.9 Grafik hubungan antara putaran terhadap daya poros (BHP) variasi jumlah sudu 5 turbin air helikal dengan sudut puntir 90^0



Gambar 4.10 Grafik hubungan antara *tip speed ratio* terhadap efisiensi variasi jumlah sudu 5 turbin air helikal dengan sudut puntir 90^0

Gambar 4.8 menunjukkan hubungan antara putaran terhadap torsi dengan variasi sudut 5. Data diatas menunjukkan nilai torsi terbesar yaitu 0,054N sedangkan nilai torsi terkecil yaitu 0,007N. Dari grafik menunjukkan semakin kecil putaran maka nilai torsi akan semakin besar.

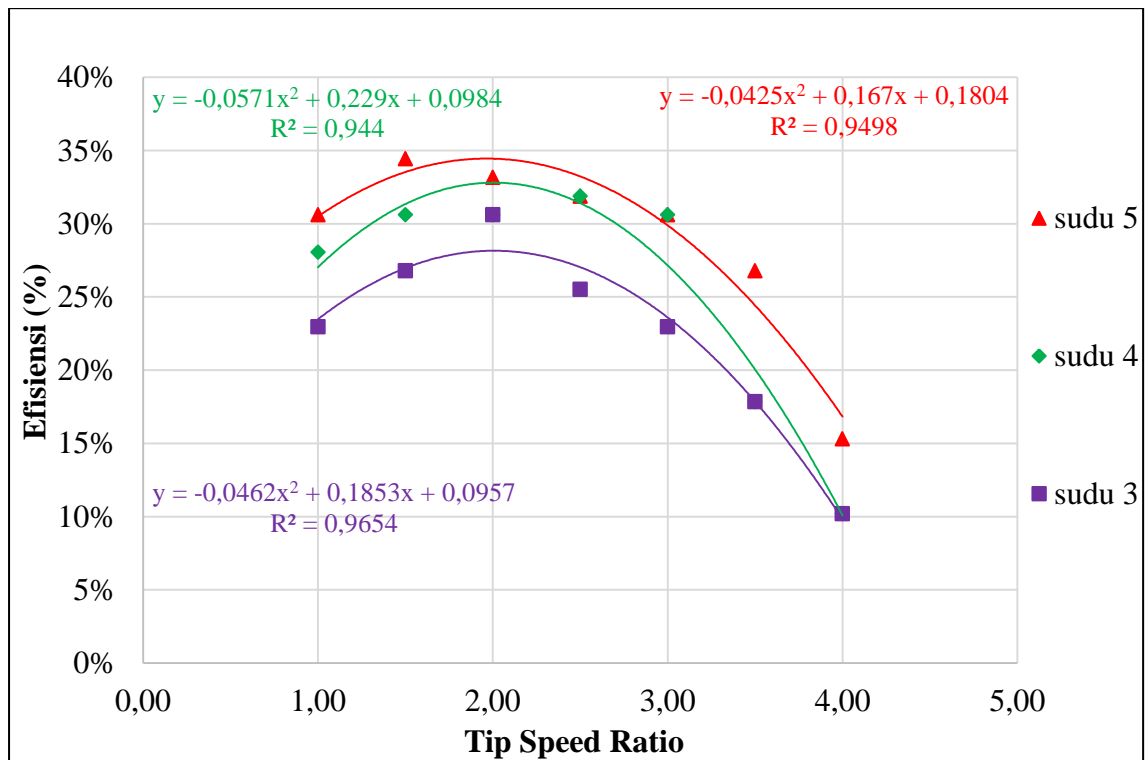
Gambar 4.9 menunjukkan hubungan antara putaran terhadap daya poros (BHP). Grafik diatas menunjukkan bahwa nilai BHP terbesar tidak pada nilai putaran tertinggi. Nilai BHP terbesar pada gambar 4.8 yaitu 0,189 Watt.

Gambar 4.10 menunjukkan hubungan antara *tip speed ratio* (TSR) terhadap efisiensi dengan variasi sudut 5. Garis kecenderungan efisiensi sama dengan BHP karena nilai WHP konstan. Dari tabel 4.3 diatas didapatkan nilai efisiensi terbesar pada *tip speed ratio* 1,50 dengan hasil 34%. Hal ini disebabkan karena pada *tip speed ratio* 1,50 nilai BHP (daya poros) paling besar diantara variasi *tip speed ratio* yang lain sehingga nilai efisiensi akan semakin besar. Hal ini sesuai dengan rumus :

$$BHP = T \times \omega$$

$$Cp = \frac{BHP}{WHP}$$

4.2.4 Hubungan Antara *Tip Speed Ratio* terhadap Efisiensi dengan sudu 3, 4, dan 5



Gambar 4.11 Grafik Hubungan Antara *Tip speed ratio* Terhadap Efisiensi Variasi Jumlah Sudu 3, 4, dan 5 Turbin air Helikal dengan sudut puntir 90°

Gambar 4.11 merupakan grafik hubungan antara *tip speed ratio* (TSR) terhadap efisiensi pada turbin helikal dengan variasi sudu 3, 4, dan 5. Pada hasil perhitungan turbin air helikal dengan sudu 3 menghasilkan nilai efisiensi terbesar 31%, untuk turbin air dengan sudu 4 mempunyai nilai efisiensi terbesar 32%, dan untuk turbin air helikal dengan sudu 5 menghasilkan Efisiensi paling besar dengan nilai 34%.

Dari data diatas dapat disimpulkan bahwa semakin banyak sudu maka akan semakin tinggi nilai efisiensi. Hal ini disebabkan karena semakin banyak jumlah sudu maka bidang yang bertumbukan dengan aliran air akan semakin luas. Sehingga turbin akan mengkonversi energi lebih banyak. Turbin dengan sudu yang lebih banyak akan sedikit kehilangan energi dari aliran air karena besarnya gap antar sudu turbin. Semakin banyak sudu maka akan semakin kecil gap antar masing-masing sudu. Hal ini menyebabkan semakin tingginya efisiensi dari turbin helikal dengan sudu 5.

$$\eta_5 > \eta_4 > \eta_3$$