

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Analisis Data

#### 4.1.1 Data Hasil Pengujian

Berikut ini (Tabel 4.1) merupakan data hasil pengujian pengaruh variasi bukaan *guide vane* terhadap tingkat kavitasi pada turbin Francis poros horizontal.

Tabel 4.1 Tabel hasil pengambilan data yang diperoleh pada *head* 18 m

Putaran (rpm)	Tekanan Turbin (mmHg)			Tekanan Turbin (mmH <sub>2</sub> O)		
	GV 8	GV 10	GV 12	GV 8	GV 10	GV 12
2000	758	740	671	10298.91	10054.35	9116.85
	758	738	664	10298.91	10027.18	9021.741
	758	736	664	10298.92	10000	9021.741
1800	757	726	653	10285.33	9864.133	8872.285
	755	730	658	10258.15	9918.481	8940.22
	757	733	659	10285.33	9959.242	8953.807
1600	739	716	668	10040.76	9728.263	9076.089
	753	716	667	10230.98	9728.263	9062.502
	745	711	667	10122.29	9660.329	9062.502
1400	732	718	673	9945.655	9755.437	9144.024
	738	715	666	10027.18	9714.676	9048.915
	739	710	667	10040.76	9646.742	9062.502
1200	737	715	693	10013.59	9714.676	9415.763
	741	712	677	10067.94	9673.916	9198.372
	737	717	679	10013.59	9741.85	9225.546
1000	743	711	696	10095.11	9660.329	9456.524
	743	715	691	10095.11	9714.676	9388.589
	740	715	690	10054.35	9714.676	9375.002
800	743	720	702	10095.11	9782.611	9538.046
	748	723	691	10163.05	9823.372	9388.589
	748	725	693	10163.05	9850.546	9415.763
600	748	733	724	10163.05	9959.242	9836.959
	750	730	723	10190.22	9918.481	9823.372
	748	736	722	10163.05	10000	9809.785
400	754	750	743	10244.57	10190.22	10095.11
	753	749	746	10230.98	10176.63	10135.87
	753	745	740	10230.98	10122.29	10054.35
200	757	755	751	10285.33	10258.15	10203.81

	754	754	748	10244.57	10244.57	10163.05
	754	751	741	10244.57	10203.81	10067.94

#### 4.1.2 Contoh Perhitungan

Perhitungan data dilakukan untuk mencari nilai thoma aktual, *thoma* kritis dan tingkat kavitasi dari setiap variasi yang diberikan. Dari data hasil pengujian dapat dilakukan pengolahan data. Sebagai contoh perhitungan data pengujian, diambil pada bukaan *guide vane* 12 mm terhadap tingkat kavitasi yang terjadi pada turbin Francis poros horizontal. Adapun data yang diambil adalah sebagai berikut:

Putaran turbin (n)	: 2000 rpm
P min	: 664 mmHg
Tekanan udara	: 760 mmHg
Temperatur fluida	: 25° C
Bukaan <i>guide vane</i>	: 12 mm
z	: 0.6 m
head	: 18 m

Berikut ini adalah contoh perhitungan data pada *guide vane* 12 mm.

##### 1. P min dalam mmH<sub>2</sub>O

$$\begin{aligned}
 1 \text{ mmHg} &= 0.0736 \text{ mmHg} \\
 1 \text{ mmHg} &= \frac{1}{0.0736} \text{ mmHg} \\
 &= 13.58695652 \text{ mmHg}
 \end{aligned}$$

Jadi P min pada putaran 2000 rpm dan bukaan *guide vane* 12 mm adalah  
 $664 \times 13.58695652 = 9031.739 \text{ mmHg} = 9.031 \text{ mmHg}$

##### 2. Tekanan udara normal

$$\begin{aligned}
 1 \text{ Atm} &= 760 \text{ mmHg} \\
 &= 760 \text{ mmHg} \times 13.58695652 = 10326.09 \text{ mmHg} \\
 &= 10.32609 \text{ mmHg}
 \end{aligned}$$

3. Angka *Thoma* kritis ( $\sigma_c$ )

$$\sigma_c = \frac{p_{atm} - p_v - z}{H}$$

$$\sigma_c = \frac{10.32609 - 0.328 - 0.6}{18}$$

$$\sigma_c = 0.5221$$

4. Angka *Thoma* aktual ( $\sigma$ )

$$\sigma = \frac{p_{atm} - p_{min} - z}{H}$$

$$\sigma = \frac{10.32609 - 9.031 - 0.6}{18}$$

$$\sigma = 0.0724$$

5. Tingkat kavitasi

$$\text{tingkat kavitasi} = \frac{\sigma}{\sigma_c}$$

$$\text{tingkat kavitasi} = \frac{0.072}{0.522}$$

$$\text{tingkat kavitasi} = 0.138$$

### 4.1.3 Analisa Statistik

#### 4.1.3.1 Analisa varian

Dari data hasil penelitian yang diperoleh, dilakukan analisa varian dua arah untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh variasi putaran poros turbin dan, bukaan guide vane serta interaksi dari keduanya terhadap tingkat kavitasi pada turbin francis poros horizontal.

Hipotesis dari kecepatan putaran poros turbin (pengaruh A) terhadap tingkat kavitasi adalah:

$$H_{01} : H_{200 \text{ rpm}} = H_{400 \text{ rpm}} = H_{600 \text{ rpm}} = H_{800 \text{ rpm}} = H_{1000 \text{ rpm}} =$$

$$H_{1200 \text{ rpm}} = H_{1400 \text{ rpm}} = H_{1600 \text{ rpm}} = H_{1800 \text{ rpm}} = H_{2000 \text{ rpm}}$$

$$H_{11} : H_{200 \text{ rpm}} \neq H_{400 \text{ rpm}} \neq H_{600 \text{ rpm}} \neq H_{800 \text{ rpm}} \neq H_{1000 \text{ rpm}} \neq H_{1200 \text{ rpm}} \neq H_{1400 \text{ rpm}} \neq H_{1600 \text{ rpm}} \neq H_{1800 \text{ rpm}} \neq H_{2000 \text{ rpm}}$$

Hipotesis dari bukaan *guide vane* ( pengaruh B) terhadap tingkat kavitasi adalah:

$$H_{02} : d_{8 \text{ mm}} = d_{10 \text{ mm}} = d_{12 \text{ mm}}$$

$$H_{22} : d_{8 \text{ mm}} \neq d_{10 \text{ mm}} \neq d_{12 \text{ mm}}$$

Hipotesis dari interaksi antara kecepatan putaran poros turbin dan bukaan *guide vane* terhadap tingkat kavitasi adalah :

$$H_{03} : (H d)_{200 \text{ rpm}, 8 \text{ mm}} = (H d)_{400 \text{ rpm}, 10 \text{ mm}} = (H d)_{600 \text{ rpm}, 12 \text{ mm}} = (H d)_{800 \text{ rpm}, 8 \text{ mm}} = (H d)_{1000 \text{ rpm}, 10 \text{ mm}} = (H d)_{1200 \text{ rpm}, 12 \text{ mm}} = (H d)_{1400 \text{ rpm}, 8 \text{ mm}} = (H d)_{1600 \text{ rpm}, 10 \text{ mm}} = (H d)_{1800 \text{ rpm}, 12 \text{ mm}} = (H d)_{2000 \text{ rpm}, 8 \text{ mm}}$$

$$H_{33} : (H d)_{200 \text{ rpm}, 8 \text{ mm}} \neq (H d)_{400 \text{ rpm}, 10 \text{ mm}} \neq (H d)_{600 \text{ rpm}, 12 \text{ mm}} \neq (H d)_{800 \text{ rpm}, 8 \text{ mm}} \neq (H d)_{1000 \text{ rpm}, 10 \text{ mm}} \neq (H d)_{1200 \text{ rpm}, 12 \text{ mm}} \neq (H d)_{1400 \text{ rpm}, 8 \text{ mm}} \neq (H d)_{1600 \text{ rpm}, 10 \text{ mm}} \neq (H d)_{1800 \text{ rpm}, 12 \text{ mm}} \neq (H d)_{2000 \text{ rpm}, 8 \text{ mm}}$$

Tabel 4.2 Perhitungan analisis varian

Putaran (rpm)	Tekanan Turbin (mmHg)			Total	Rerata
	GV 8	GV 10	GV 12		
2000	758	740	671	6487.00	2162.3333
	758	738	664		
	758	736	664		
1800	757	726	653	6428.00	2142.6667
	755	730	658		
	757	733	659		
1600	739	716	668	6382.00	2127.3333
	753	716	667		
	745	711	667		
1400	732	718	673	6358.00	2119.3333

	738	715	666		
	739	710	667		
1200	737	715	693	6408.00	2136
	741	712	677		
	737	717	679		
1000	743	711	696	6444.00	2148
	743	715	691		
	740	715	690		
800	743	720	702	6493.00	2164.3333
	748	723	691		
	748	725	693		
600	748	733	724	6614.00	2204.6667
	750	730	723		
	748	736	722		
400	754	750	743	6733.00	2244.3333
	753	749	746		
	753	745	740		
200	757	755	751	6765.00	2255
	754	754	748		
	754	751	741		
Total	22440	21845	20827	65112.00	
Rerata	7480	7281.667	6942.333	21704	

Dari tabel 4.2 maka dapat dilakukan perhitungan untuk analisis varian sebagai berikut:

➤ Faktor koreksi (FK) :

$$\begin{aligned}
 \text{FK} &= \frac{\left[ \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^n Y_{ijk} \right]^2}{rcn} \\
 &= \frac{(65112.00)^2}{10.3.3} \\
 &= 47106361.6
 \end{aligned}$$

- Jumlah Kuadrat total :

$$\begin{aligned} \text{JKT} &= \{(758)^2 + (740)^2 + (671)^2 + \dots + (741)^2\} - \text{FK} \\ &= \{(574564) + (547600) + (450241) + \dots + (549081)\} - \text{FK} \\ &= 47187832 - 47106361.6 \\ &= 81470.4 \end{aligned}$$

- Jumlah Kuadrat variabel A :

$$\begin{aligned} \text{JKA} &= \frac{\{(6487)^2 + (6428)^2 + (6382)^2 + (6358)^2 + (6408)^2 + (6444)^2 + (6493)^2 + (6614)^2 + (6733)^2 + (6765)^2\}}{cn} \\ &\quad - \text{FK} \\ &= \frac{424144600}{9} - \text{FK} \\ &= \frac{424144600}{9} - 47106361.6 \\ &= 20816.177 \end{aligned}$$

- Jumlah Kuadrat Variabel B :

$$\begin{aligned} \text{JKB} &= \frac{\{(22440)^2 + (21845)^2 + (20827)^2\}}{rn} - \text{FK} \\ &= \frac{(503553600) + (477204025) + (433763929)}{30} - 47106361.6 \\ &= \frac{1414521554}{30} - 47106361.6 \\ &= 44356.867 \end{aligned}$$

- Jumlah Kuadrat Perlakuan (JKP) :

$$\begin{aligned} \text{JKP} &= \frac{\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c T_{ij}^2}{n} - \text{FK} \\ &= \frac{\{(2274)^2 + (2214)^2 + \dots + (2229)^2\}}{3} - 47106361.6 \\ &= 80742.4 \end{aligned}$$

- Jumlah kuadrat pengaruh interaksi A dan B (JKAB)

$$\begin{aligned} \text{JKAB} &= \text{JKPerlakuan} - \text{JKA} - \text{JKB} \\ &= 80742.4 - 20816.177 - 44356.867 \\ &= 15569.356 \end{aligned}$$

- Jumlah Kuadrat Galat (JKG)

$$\begin{aligned} \text{JKG} &= \text{JKT} - \text{JKA} - \text{JKB} - \text{JKAB} \\ &= 81470.4 - 20816.178 - 44356.867 - 15569.356 \\ &= 728 \end{aligned}$$

Nilai varian dari masing-masing perlakuan sebagai berikut :

- Kuadrat Tengah pengaruh A ( $S_c^2$ )

$$\begin{aligned} S_A^2 &= \frac{\text{JKA}}{r-1} \\ &= \frac{20816.178}{10-1} \\ &= 2312.908 \end{aligned}$$

- Kuadrat Tengah pengaruh B ( $S_d^2$ )

$$\begin{aligned} S_B^2 &= \frac{\text{JKB}}{r-1} \\ &= \frac{44356.867}{3-1} \\ &= 22178.433 \end{aligned}$$

Kuadrat Tengah pengaruh interaksi A dan B ( $S_{cd}^2$ )

$$\begin{aligned} S_{AB}^2 &= \frac{\text{JKAB}}{(r-1)(c-1)} \\ &= \frac{15569.356}{(10-1)(3-1)} \\ &= 864.964 \end{aligned}$$

- Kuadrat Tengah Galat ( $S^2$ )

$$\begin{aligned} S^2 &= \frac{JKG}{rc(n-1)} \\ &= \frac{728}{10.3(3-1)} \\ &= 12.133 \end{aligned}$$

Nilai F hitung dari masing-masing sumber keragaman sebagai berikut:

- $F_{hitung}$  pengaruh A

$$\begin{aligned} F_{A \text{ hitung}} &= \frac{S_A^2}{S^2} \\ &= \frac{2312.908}{12.133} \\ &= 190.624 \end{aligned}$$

- $F_{hitung}$  pengaruh B

$$\begin{aligned} F_{B \text{ hitung}} &= \frac{S_B^2}{S^2} \\ &= \frac{22178.433}{12.133} \\ &= 1872.892 \end{aligned}$$

- $F_{hitung}$  pengaruh A dan B

$$\begin{aligned} F_{cd \text{ hitung}} &= \frac{S_{AB}^2}{S^2} \\ &= \frac{864.964}{12.133} \\ &= 71.288 \end{aligned}$$

Tabel 4.3. Analisis Varian Dua Arah

	db	kt	jk	f hitung	f tabel
<b>A</b>	2	2312.9086	20816.1778	190.6243	3.15
<b>B</b>	9	22178.4333	44356.8667	1827.8929	2.04
<b>A-B (interaksi)</b>	18	864.9642	80742.4000	71.2883	2,68
<b>galat</b>	60	12.1333	728.0000		
<b>total</b>	89	25368.4395	146643.4444		

Dari tabel 4.3 diatas, dapat diperoleh kesimpulan:

- I.  $F_{A \text{ hitung}} > F_{A \text{ tabel}}$  maka  $H_0^1$  ditolak dan  $H_1^1$  diterima. ini berarti bahwa variasi bukaan *guide vane* berpengaruh terhadap tingkat kavitasi pada turbin francis poros horizontal.
- II.  $F_{B \text{ hitung}} > F_{B \text{ tabel}}$  maka  $H_0^2$  ditolak dan  $H_1^2$  diterima, ini berarti bahwa variasi kecepatan putaran poros turbin berpengaruh terhadap tingkat kavitasi pada turbin Francis poros horizontal.
- III.  $F_{CD \text{ hitung}} < F_{CD \text{ tabel}}$  Maka  $H_0^3$  diterima dan  $H_1^3$  ditolak, ini berarti bahwa interaksi antara kecepatan putaran poros turbin dan bukaan *guide vane* berpengaruh secara nyata terhadap tingkat kavitasi pada turbin Francis poros horizontal.
- IV. Dari kesimpulan diatas terlihat bahwa variasi kecepatan putaran poros turbin dan bukaan *guide vane* (Faktor AB) mempunyai pengaruh yang nyata terhadap tingkat kavitasi pada turbin Francis poros horizontal dengan tingkat keyakinan 95%.

#### 4.1.4 Data Hasil Perhitungan

Data hasil perhitungan diperoleh berdasarkan langkah-langkah yang telah dijelaskan pada contoh perhitungan, dimana telah didapatkan nilai *thoma* aktual, *thoma* kritis dan tingkat kavitasi pada variasi bukaan *guide vane* yang diberikan. Data hasil perhitungan untuk semua variasi dapat dilihat pada tabel 4.3, 4.4 dan 4.5 dibawah ini.

Tabel 4.4 Tabel hasil perhitungan data yang diperoleh pada bukaan *guide vane* 8 mm

Putaran (rpm)	Pmin mH2O	Pv mH2O	Thoma Kritis	Thoma Aktual	Kritis/Aktual
2000	10.29891	0.328	0.522116	0.00151	0.002891754
	10.29891	0.328	0.522116	0.00151	0.002891754
	10.29892	0.328	0.522116	0.00151	0.002891473
1800	10.28533	0.328	0.522116	0.002265	0.004337469
	10.25815	0.328	0.522116	0.003774	0.007228899
	10.28533	0.328	0.522116	0.002265	0.004337189
1600	10.04076	0.328	0.522116	0.015852	0.030360338
	10.23098	0.328	0.522116	0.005284	0.01012005
	10.12229	0.328	0.522116	0.011322	0.021685773
1400	9.945655	0.328	0.522116	0.021135	0.040480072
	10.02718	0.328	0.522116	0.016606	0.03180578
	10.04076	0.328	0.522116	0.015851	0.030360065
1200	10.01359	0.328	0.522116	0.017361	0.033251495
	10.06794	0.328	0.522116	0.014342	0.027468634
	10.01359	0.328	0.522116	0.017361	0.033251495
1000	10.09511	0.328	0.522116	0.012832	0.024577203
	10.09511	0.328	0.522116	0.012832	0.024577203
	10.05435	0.328	0.522116	0.015097	0.028914349
800	10.09511	0.328	0.522116	0.012832	0.024577203
	10.16305	0.328	0.522116	0.009058	0.017348627
	10.16305	0.328	0.522116	0.009058	0.017348627
600	10.16305	0.328	0.522116	0.009058	0.017348627
	10.19022	0.328	0.522116	0.007548	0.014457196
	10.16305	0.328	0.522116	0.009058	0.017348627
400	10.24457	0.328	0.522116	0.004529	0.008674335
	10.23098	0.328	0.522116	0.005284	0.01012005
	10.23098	0.328	0.522116	0.005284	0.01012005
200	10.28533	0.328	0.522116	0.002265	0.004337189
	10.24457	0.328	0.522116	0.004529	0.008674335
	10.24457	0.328	0.522116	0.004529	0.008674335

Tabel 4.5 Tabel hasil perhitungan data yang diperoleh pada bukaan *guide vane* 10 mm

Putaran (rpm)	Pmin mH2O	Pv mH2O	Thoma Kritis	Thoma Aktual	Kritis/Aktual
2000	10.05435	0.328	0.522116	0.015097	0.028914349
	10.02718	0.328	0.522116	0.016606	0.03180578
	10	0.328	0.522116	0.018116	0.034697211
1800	9.864133	0.328	0.522116	0.025664	0.049154364

	9.918481	0.328	0.522116	0.022645	0.043371503
	9.959242	0.328	0.522116	0.02038	0.039034357
1600	9.728263	0.328	0.522116	0.033213	0.063611518
	9.728263	0.328	0.522116	0.033213	0.063611518
	9.660329	0.328	0.522116	0.036987	0.070840094
1400	9.755437	0.328	0.522116	0.031703	0.060720087
	9.714676	0.328	0.522116	0.033967	0.065057233
	9.646742	0.328	0.522116	0.037742	0.07228581
1200	9.714676	0.328	0.522116	0.033967	0.065057233
	9.673916	0.328	0.522116	0.036232	0.069394379
	9.74185	0.328	0.522116	0.032458	0.062165802
1000	9.660329	0.328	0.522116	0.036987	0.070840094
	9.714676	0.328	0.522116	0.033967	0.065057233
	9.714676	0.328	0.522116	0.033967	0.065057233
800	9.782611	0.328	0.522116	0.030193	0.057828656
	9.823372	0.328	0.522116	0.027929	0.05349151
	9.850546	0.328	0.522116	0.026419	0.05060008
600	9.959242	0.328	0.522116	0.02038	0.039034357
	9.918481	0.328	0.522116	0.022645	0.043371503
	10	0.328	0.522116	0.018116	0.034697211
400	10.19022	0.328	0.522116	0.007548	0.014457196
	10.17663	0.328	0.522116	0.008303	0.015902911
	10.12229	0.328	0.522116	0.011322	0.021685773
200	10.25815	0.328	0.522116	0.003774	0.007228619
	10.24457	0.328	0.522116	0.004529	0.008674335
	10.20381	0.328	0.522116	0.006794	0.013011481

Tabel 4.6 Tabel hasil perhitungan data yang diperoleh pada bukaan *guide vane* 12 mm

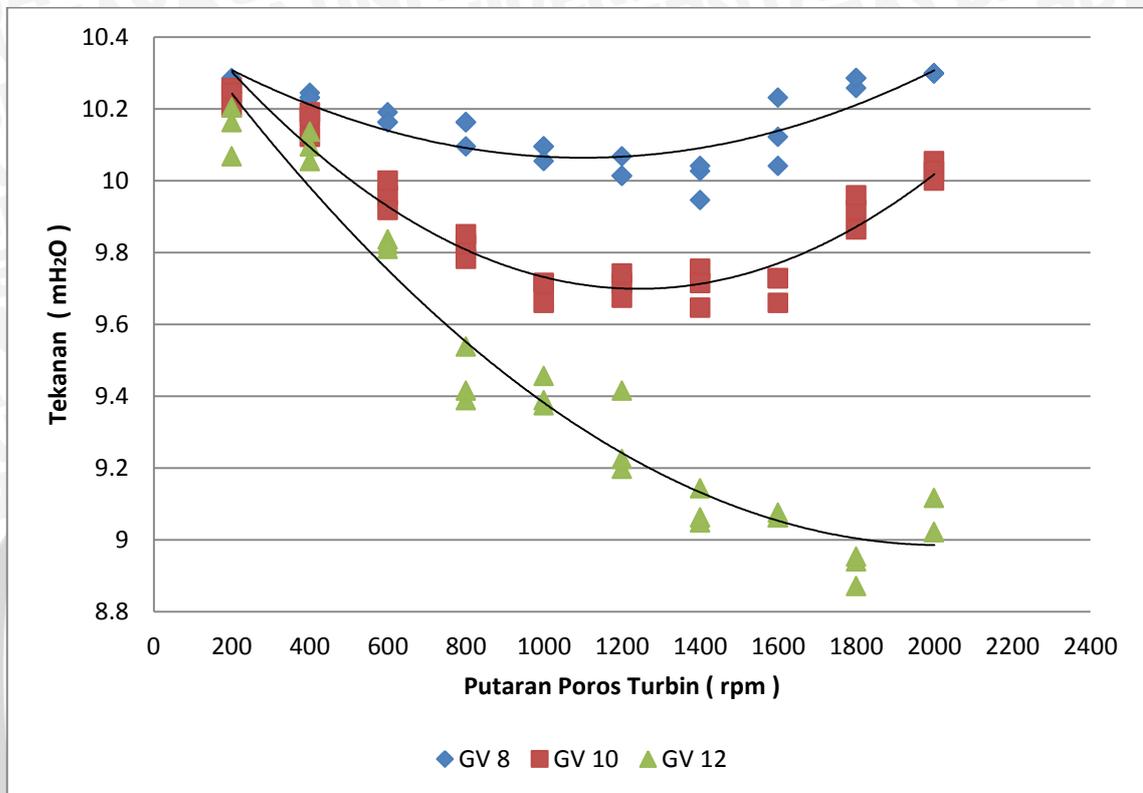
Putaran (rpm)	Pmin mH2O	Pv mH2O	Thoma Kritis	Thoma Aktual	Kritis/Aktual
2000	9.11685	0.328	0.522116	0.06718	0.128668708
	9.021741	0.328	0.522116	0.072464	0.138788715
	9.021741	0.328	0.522116	0.072464	0.138788715
1800	8.872285	0.328	0.522116	0.080767	0.154691584
	8.94022	0.328	0.522116	0.076993	0.147463007
	8.953807	0.328	0.522116	0.076238	0.146017292
1600	9.076089	0.328	0.522116	0.069444	0.133005854
	9.062502	0.328	0.522116	0.070199	0.134451569
	9.062502	0.328	0.522116	0.070199	0.134451569
1400	9.144024	0.328	0.522116	0.06567	0.125777277
	9.048915	0.328	0.522116	0.070954	0.135897285
	9.062502	0.328	0.522116	0.070199	0.134451569

1200	9.415763	0.328	0.522116	0.050574	0.09686297
	9.198372	0.328	0.522116	0.062651	0.119994416
	9.225546	0.328	0.522116	0.061141	0.117102985
1000	9.456524	0.328	0.522116	0.048309	0.092525824
	9.388589	0.328	0.522116	0.052083	0.099754401
	9.375002	0.328	0.522116	0.052838	0.101200116
800	9.538046	0.328	0.522116	0.04378	0.083851532
	9.388589	0.328	0.522116	0.052083	0.099754401
	9.415763	0.328	0.522116	0.050574	0.09686297
600	9.836959	0.328	0.522116	0.027174	0.052045795
	9.823372	0.328	0.522116	0.027929	0.05349151
	9.809785	0.328	0.522116	0.028684	0.054937226
400	10.09511	0.328	0.522116	0.012832	0.024577203
	10.13587	0.328	0.522116	0.010568	0.020240057
	10.05435	0.328	0.522116	0.015097	0.028914349
200	10.20381	0.328	0.522116	0.006794	0.013011481
	10.16305	0.328	0.522116	0.009058	0.017348627
	10.06794	0.328	0.522116	0.014342	0.027468634



## 4.2 Pembahasan

### 4.2.1 Hubungan antara putaran turbin dengan tekanan air di dalam turbin pada variasi bukaan *guide vane* yang berbeda



Gambar 4.1. Grafik hubungan antara putaran poros turbin dengan tekanan air di dalam turbin pada variasi *guide vane* yang berbeda

Turbin Francis bekerja dengan memakai proses tekanan pada waktu air masuk ke roda jalan, sebagian dari energi jatuh atau tinggi jatuh (*head*) yang telah bekerja di dalam sudu (*guide vane*) diubah menjadi kecepatan arus masuk (energi kinetik). Sisa energi tinggi jatuh (*head*) bekerja di sudu jalan dengan semaksimal mungkin. Dalam hal ini energi kinetik air yang bekerja di sudu jalan mendapat energi reaksi (gaya reaksi) dari sudu jalan tersebut. Pada sisi sebelah luar roda jalan terdapat tekanan serendah-rendahnya atau kurang dari 1 atm dan kecepatan aliran yang tinggi. Di dalam pipa buang, kecepatan aliran berkurang dan tekanannya akan bertambah sehingga air bisa dialirkan keluar lewat saluran air bawah.

Dari gambar 4.1, dapat dilihat bahwa semakin tinggi putaran turbin maka tekanan di dalam turbin semakin rendah pada putaran awal sampai pada putaran tertentu kemudian tekanan kembali meningkat seiring dengan meningkatnya putaran poros turbin.

Pada gambar 4.1 dapat dilihat juga bahwa bukaan *guide vane* berpengaruh pada tekanan di dalam turbin. Terlihat bahwa semakin besar bukaan *guide vane* turbin maka tekanan di dalam turbin semakin rendah. Hal ini disebabkan semakin besar bukaan *guide vane* pada turbin dengan *head* yang tetap, debit air akan semakin besar sehingga kecepatan fluida juga bertambah besar dan mengakibatkan tekanan pada sisi keluar turbin semakin kecil.

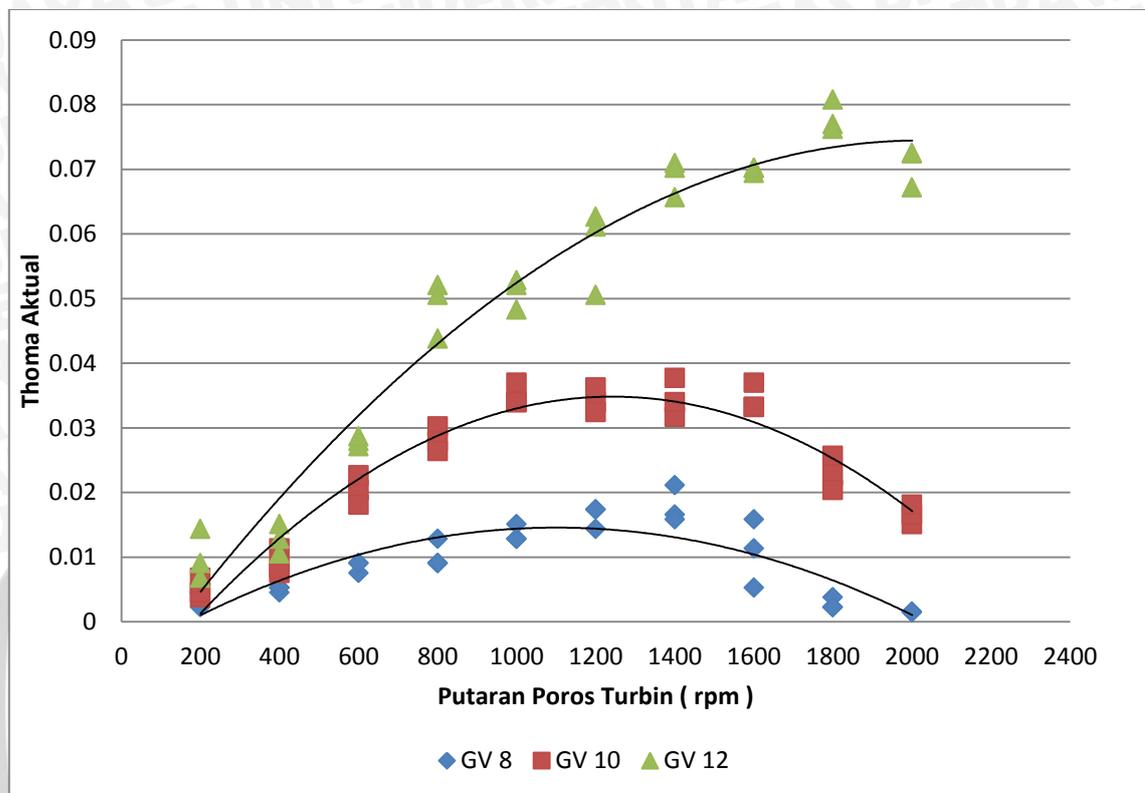
Pada bukaan *guide vane* 8 milimeter, tekanan terendah dicapai ketika putaran turbin mencapai 1400 rpm yaitu sebesar 9.945 mH<sub>2</sub>O dan tekanan tertinggi dicapai pada putaran turbin 2000 rpm sebesar 10.29 mH<sub>2</sub>O.

Pada bukaan *guide vane* 10 milimeter, tekanan terendah dicapai ketika putaran turbin mencapai 1400 rpm yaitu sebesar 9.646 mH<sub>2</sub>O dan tekanan tertinggi dicapai pada putaran turbin 200 rpm sebesar 10.258 mH<sub>2</sub>O.

Pada bukaan *guide vane* 12 milimeter, tekanan terendah dicapai ketika putaran turbin mencapai 1800 rpm yaitu sebesar 8.872 mH<sub>2</sub>O dan tekanan tertinggi dicapai pada putaran turbin 200 rpm sebesar 10.203 mH<sub>2</sub>O.



#### 4.2.2 Hubungan antara putaran turbin dengan bilangan thoma aktual ( $\sigma$ ) di dalam turbin pada variasi bukaan *guide vane* yang berbeda



Gambar 4.2. Grafik hubungan antara putaran poros turbin dengan thoma aktual pada variasi *guide vane* yang berbeda

Angka Thoma adalah Angka untuk menentukan apakah kavitas terjadi dalam suatu instalasi turbin. Apabila harga Thoma lebih besar dari harga Thoma kritis maka kavitas tidak akan muncul.

Dari gambar 4.2, dapat dilihat bahwa semakin tinggi putaran turbin maka Angka thoma di dalam turbin semakin tinggi pada putaran awal sampai pada putaran tertentu kemudian tekanan kembali meningkat seiring dengan meningkatnya putaran poros turbin. Hal ini disebabkan oleh penurunan tekanan pada turbin karena semakin kecil tekanan pada turbin mengakibatkan angka thoma menjadi semakin tinggi.

Hal ini sesuai dengan persamaan:

$$\sigma = \frac{P_{atm} - P_{min} - z}{H}$$

Pada gambar 4.2 dapat dilihat juga bahwa bukaan *guide vane* berpengaruh pada angka thoma. Terlihat bahwa semakin besar bukaan *guide vane* turbin maka angka

thoma didalam turbin semakin tinggi. Hal ini disebabkan semakin besar bukaan *guide vane* pada turbin dengan *head* yang tetap, debit air akan semakin besar sehingga kecepatan fluida juga bertambah besar dan mengakibatkan tekanan pada sisi keluar turbin semakin kecil. Semakin kecil tekanan pada sisi keluar turbin maka semakin tinggi angka thoma yang dihasilkan.

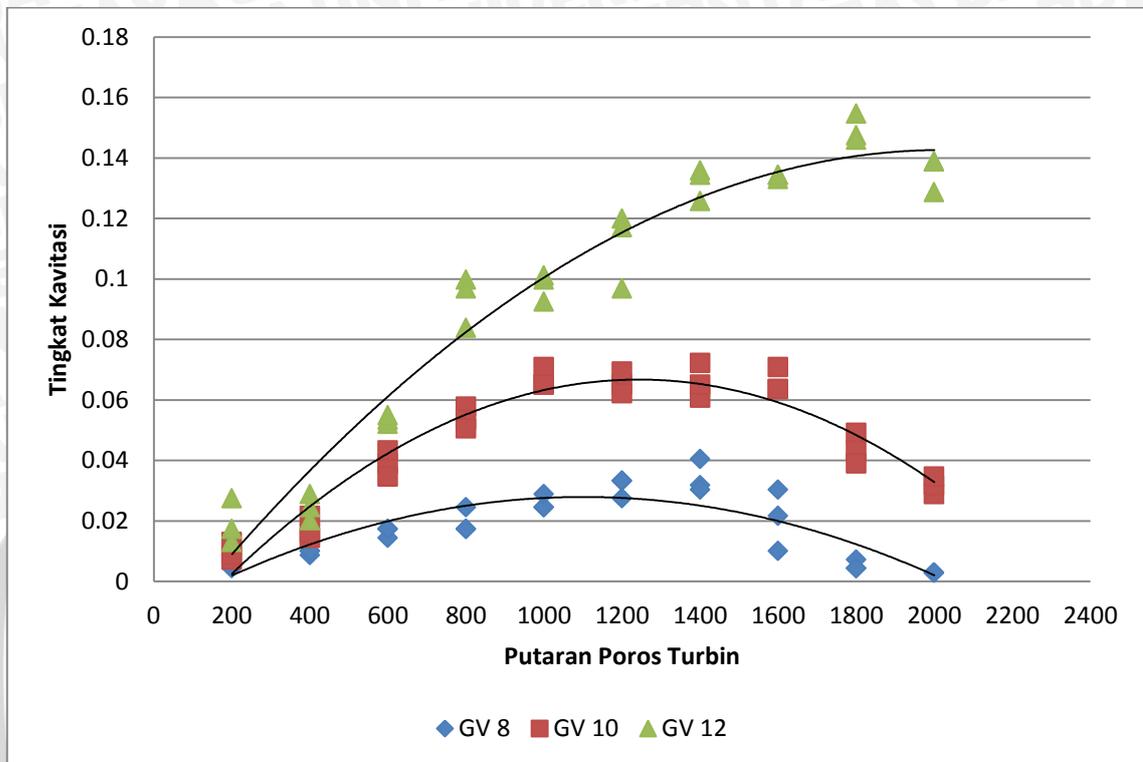
Pada bukaan *guide vane* 8 milimeter, angka thoma tertinggi dicapai ketika putaran turbin mencapai 1400 rpm yaitu sebesar 0.0211 dan angka thoma terendah dicapai pada putaran turbin 2000 rpm sebesar 0.00151.

Pada bukaan *guide vane* 10 milimeter, angka thoma tertinggi dicapai ketika putaran turbin mencapai 1400 rpm yaitu sebesar 0.0377 dan angka thoma terendah dicapai pada putaran turbin 200 rpm sebesar 0.00377.

Pada bukaan *guide vane* 12 milimeter, angka thoma tertinggi dicapai ketika putaran turbin mencapai 1800 rpm yaitu sebesar 0.0807 dan angka thoma terendah dicapai pada putaran turbin 200 rpm sebesar 0.0067.



### 4.2.3 Hubungan antara putaran turbin dengan tingkat kavitasi pada variasi bukaan *guide vane* yang berbeda



Gambar 4.3. Grafik hubungan antara putaran poros turbin dengan tingkat kavitasi pada variasi *guide vane* yang berbeda

Kavitasi adalah suatu gejala fisik yang dialami oleh cairan, pada saat cairan mendekati tekanan uap, misalnya pada kondisi hampa udara. Pada saat tekanan turun menjadi tekanan uap, air mulai menguap pada saat yang sama, gas-gas yang larut secara normal juga mulai bebas sehubungan dengan tekanan rendah. Jadi, pada air yang mengalir, gelembung-gelembung kecil (*minute microscopic bubbles*) terbentuk yang berisi uap dan gas.

Dari Gambar 4.3, dapat dilihat bahwa semakin tinggi putaran maka tingkat kavitasi yang terjadi semakin tinggi pada putaran awal sampai pada putaran tertentu kemudian mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya putaran poros turbin.

Pada gambar 4.3, pada awalnya grafik cenderung naik sampai titik maksimum yaitu pada putaran 1600rpm, kemudian tingkat kaviasi mulai turun ketika putaran turbin diatas 1600 rpm, hal ini disebabkan pada putaran yang tinggi *losses* yang terjadi pada aliran fluida semakin besar sehingga debit fluida menjadi turun, jika debit turun maka kecepatan fluida juga turun sehingga tekanan disisi di sisi keluar turbin meningkat

dan akibatnya bilangan *thoma* aktual menurun hal ini berakibat tingkat kavitasi akan menjadi semakin kecil.

Pada grafik hubungan antara putaran terhadap tingkat kavitasi tersebut juga dapat dilihat bahwa bukaan *guide vane* sangat berpengaruh pada tingkat kavitasi yang terjadi, dengan *head* yang tetap, semakin tinggi bukaan *guide vane* turbin maka tingkat kavitasi yang terjadi semakin besar. Hal ini disebabkan semakin besar bukaan *guide vane* turbin dengan *head* yang tetap mengakibatkan angka *Thoma* ( $\sigma$ ) aktual yang dihasilkan akan semakin besar.

Pada bukaan *guide vane* 8 milimeter, tingkat kavitasi tertinggi dicapai ketika putaran turbin mencapai 1400 rpm yaitu dicapai ketika angka *Thoma* ( $\sigma$ ) sebesar 0.0211 dan tingkat kavitasi terendah dicapai pada putaran turbin 2000 rpm yang dicapai ketika angka *Thoma* ( $\sigma$ ) sebesar 0.00151. Pada *guide vane* 8 milimeter ini angka *Thoma* ( $\sigma$ ) kritis pada turbin adalah 0.470.

Untuk *guide vane* 10 milimeter, tingkat kavitasi tertinggi dicapai ketika putaran turbin mencapai 1400 rpm yaitu dicapai ketika angka *Thoma* ( $\sigma$ ) sebesar 0.0377 dan tingkat kavitasi terendah dicapai pada putaran turbin 200 rpm yang dicapai ketika angka *Thoma* ( $\sigma$ ) sebesar 0.0037.

Untuk *guide vane* 12 milimeter, tingkat kavitasi tertinggi dicapai ketika putaran turbin mencapai 1800 rpm yaitu dicapai ketika angka *Thoma* ( $\sigma$ ) sebesar 0.087 dan tingkat kavitasi terendah dicapai pada putaran turbin 200 rpm yang dicapai ketika angka *Thoma* ( $\sigma$ ) sebesar 0.0067.

Dari data-data tersebut diatas dapat diketahui bahwa besar bukaan *guide vane* berpengaruh terhadap tingkat kavitasi pada turbin francis poros *horizontal*. Dengan semakin besarnya bukaan *guide vane* pada turbin francis maka diperlukan lebih banyak debit air yang mengalir untuk mendapatkan *head* yang ditentukan. Sehingga tingkat kavitasi pada bukaan *guide vane* 12 mm lebih besar daripada bukaan *guide vane* 8 dan 10 mm.