

## ANALISIS PENGARUH BUKAAN SUDU TERHADAP TINGKAT KAVITASI DI SISI MASUK SUCTION PIPE TURBIN FRANCIS HORIZONTAL UNIT 3 DI PLTA PAKKAT PT ENERGY SAKTI SENTOSA

Yohana Sari Sitompul<sup>1</sup>, Rahmawaty<sup>2</sup>, Husin Ibrahim<sup>3</sup>

Teknik Konversi Energi<sup>1,2,3</sup>, Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan

yohanasitompul@students.polmed.ac.id<sup>1</sup>, rahmawaty@polmed.ac.id<sup>2</sup>, husin.19611018@polmed.ac.id<sup>3</sup>

### ABSTRAK

Permasalahan yang sering terjadi pada suatu turbin air ketika sedang beroperasi adalah timbulnya kavitasi, dimana kavitasi itu sendiri adalah timbulnya gelembung-gelembung dalam aliran fluida akibat penurunan tekanan sehingga tekanan tersebut dibawah tekanannya. Hal ini dapat terjadi karena tekanan statik fluida setempat menjadi lebih rendah dari tekanan uap cairan (pada suhu sebenarnya). Terjadinya fenomena ini akan sangat mengganggu kinerja turbin tersebut seperti terjadinya getaran-getaran pada mesin, terjadi abrasi pada sudu-sudu turbin sehingga menyebabkan turunnya efisiensi turbin serta rusaknya komponen-komponen turbin. Fenomena kavitasi pada sebuah turbin air bisa diprediksi dengan mengetahui angka *Thoma* ( $\sigma$ ). Jika pada pengoperasian sebuah turbin air didapatkan angka *Thoma* ( $\sigma$ ) di atas angka *Thoma* ( $\sigma$ ) kritisnya maka dapat dipastikan pada turbin tersebut terjadi kavitasi dan sebaliknya, jika di dapatkan angka *Thoma* ( $\sigma$ ) di bawah angka *Thoma* ( $\sigma$ ) kritisnya maka pada turbin tersebut tidak terjadi kavitasi dan aman beroperasi. Penelitian ini menggunakan turbin Francis poros horizontal dengan variasi bukaan *guide vane* dan putaran poros turbin sebagai variabel bebas yaitu 10% , 18% , 40% , 50% , 60% ,69% . Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar bukaan *guide vane* akan membuat tingkat kavitasi yang terjadi pada turbin air semakin menurun.

**Kata Kunci** : Kavitasi, Turbin Francis, *Head*, Angka *Thoma*

### PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) adalah salah satu teknologi yang sudah terbukti tidak merusak lingkungan. Pembangkit Listrik Tenaga Air merupakan pusat pembangkit tenaga listrik yang mengubah energi potensial air (energi gravitasi air) menjadi energi listrik. Dengan cara memanfaatkan beda tinggi air dapat dialirkan melalui saluran ke turbin yang dipasangkan dibawah bendungan. Turbin yang paling sering digunakan dalam pembangkit listrik tenaga air sampai saat ini adalah turbin Francis. Turbin Francis beroperasi pada kategori *head* tinggi, biasanya turbin Francis berporos vertikal namun ada juga yang menggunakan poros horizontal. Pada pengoperasian turbin Francis tidak luput dari permasalahan. Salah satunya adalah masalah kavitasi. Kavitasi yaitu berupa gelembung-gelembung air yang menyebabkan pengikisan dan suara dan getaran pada komponen turbin yang menurunkan efisiensi turbin.

Adapun rumusan masalahnya sebagai berikut :

1. Bagaimana prinsip kerja PLTA?
2. Bagaimana peralatan umum yang digunakan di PLTA Pakkat?
3. Bagaimana bagian utama turbin (khususnya menjelaskan sudu pengarah)?
4. Bagaimana pengaruh bukaan sudu terhadap pengaruh terhadap tingkat kavitasi?

Adapun tujuan dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui prinsip kerja PLTA
2. Untuk mengetahui peralatan umum yang digunakan di PLTA Pakkat.
3. Untuk memprediksi terjadinya kavitasi di sisi masuk pipa isap turbin dengan menghitung angka *Thoma* aktual dan kritisnya.
4. Untuk mencari besar GVO yang terbaik digunakan untuk menghindari kavitasi dan besar GVO yang dihindari untuk digunakan agar tidak terjadi kavitasi di sisi masuk pipa isap turbin.

**TINJAUAN PUSTAKA**

1. Salomo P T Sinaga. Mahasiswa Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara tahun 2016 dengan judul “Analisis Pengaruh Bukaannya Sudu terhadap Tingkat Kavitas di Sisi Masuk Pipa Isap Turbin Francis Vertikal unit4 PLTA Tangga di P.T. INALUM POWER PLANT ”
2. Dorit bayu islam Nuswanto. Universitas Brawijaya Fakultas Teknik, 2013 dengan judul “Pengaruh Variasi Bukannya Sudu terhadap Tingkat Kavitas pada Turbin Francis Horizontal”
3. Moh. Zaenal Arifin. Mahasiswa Dapartemen Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi Institut Sepuluh November Surabaya tahun 2017 dengan judul “ Analisa Unjuk Kerja Dan Kavitas Pada Turbin Francis di PT PJB Unit Pembangkitan Brantas Unit PLTA Sutami”

**Kerugian Head Mayor (Persamaan Hazen–Williams)**

$$h_f = \frac{10,67 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,87}} L \dots \dots \dots (1.)$$

Keterangan :

- $H_f$  = Kerugian head akibat gesekan (m)  
 $Q$  = Debit air (m<sup>3</sup>/s)  
 $D$  = Diameter dalam pipa (m)  
 $L$  = Panjang pipa (m)  
 $C$  = Resistance Coefficient

**Kerugian Head Minor**

$$h_m = \sum nK \frac{V^2}{2g} \dots \dots \dots (2.)$$

Keterangan :

- $h_m$  = Kerugian head minor (m)  
 $V$  = Kecepatan air dalam pipa (m/s)  
 $\sum nK$  = Total koefisien kerugian pada fitting

**Koefisien Kavitas**

Untuk menghitung tingkat kavitas alam turbin air digunakan angka Thoma ( $\sigma$ ), dalam head bersih (H) untuk mesin tersebut. Dengan demikian angka Thoma aktual :

$$\sigma_a = \frac{P_{atm} - P_v - h_s}{H} \dots \dots \dots (3.)$$

$$\sigma_c = \frac{P_{atm} - P_{min} - h_s}{H} \dots \dots \dots (4.)$$

Dimana :

- $\sigma_c$  = Angka Thoma Kritis  
 $\sigma_a$  = Angka Thoma Aktual  $P_{atm}$  = Tekanan Atmosfer (m)  
 $P_{min}$  = Tekanan minimum pada titik yang diteliti(m)  $P_v$  = Tekanan Uap Jenuh Fluida (m)  
 $H_s$  = Jarak vertikal antara sumbu pusat *runner* dan *tail water level* (m)  
 $H$  = Head efektif (m) = Head maksimum – Kerugian head (*head race* sampai *inlet valve*)

Agar kavitas tidak terjadi maka tekanan minimum ( $P_{atm}$ ) harus lebih besar daripada tekanan uap jenuh cairan ( $P_v$ ). Selain itu agar tidak terjadi kavitas maka nilai  $\sigma_a$  harus lebih kecil daripada nilai  $\sigma_c$ . Dari keadaan tersebut maka dapat diketahui besarnya tingkat kavitas, yaitu :

$$\frac{\text{tingkat kavitasi}}{\sigma c} = \sigma a \dots\dots\dots(5.)$$

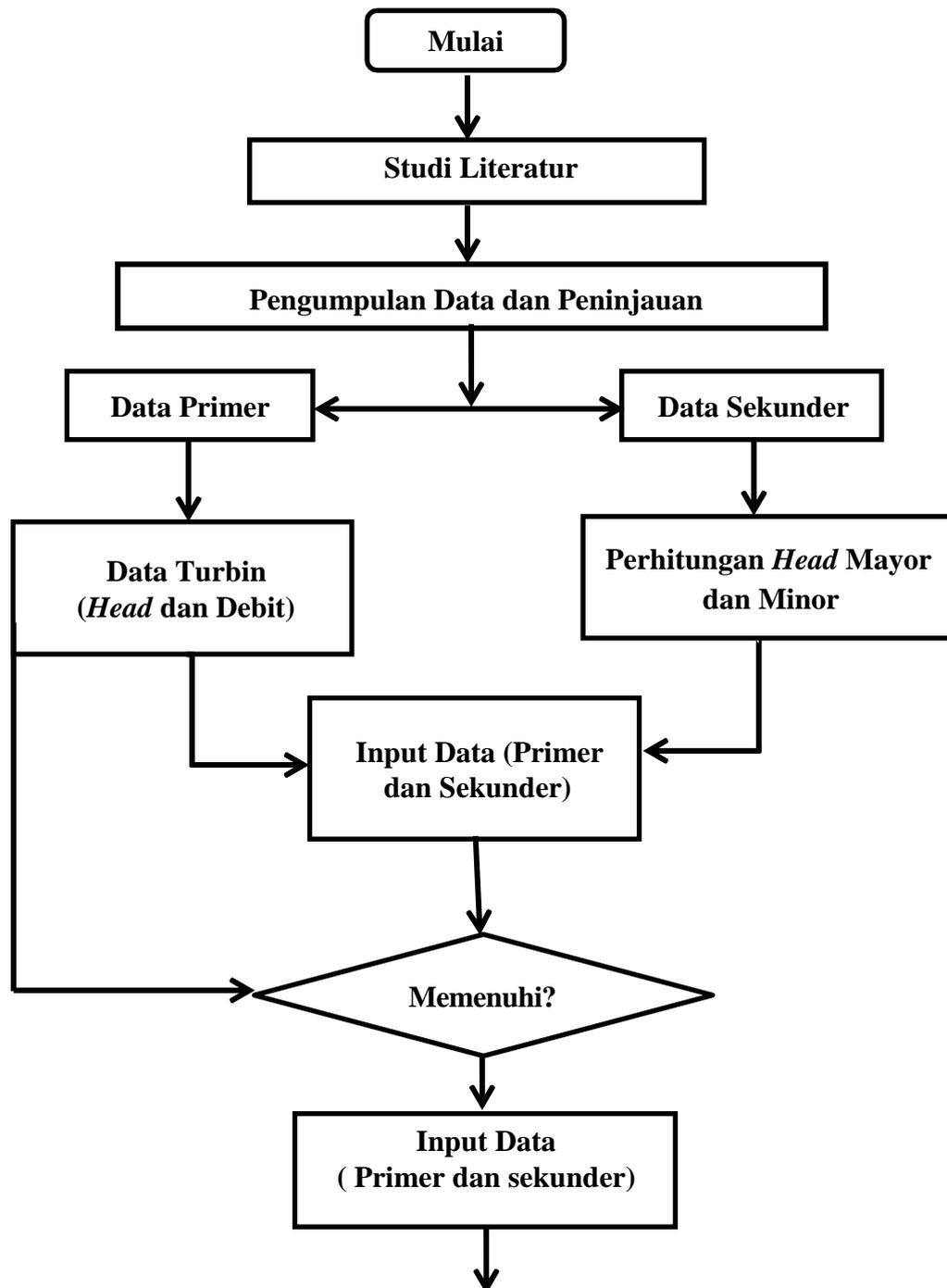
Keterangan :

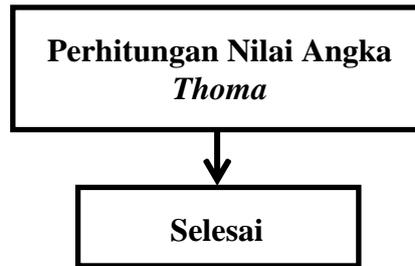
$\sigma a$  = Angka Thoma Aktual

$\sigma c$  = Angka Thoma Kritis

Dari rumus diatas jika didapatkan nilai lebih dari 1 maka dapat dipastikan dalam turbin tersebut terjadi kavitasi dan sebaliknya, jika didapatkan nilai kurang dari maka pada turbin tersebut tidak terjadi kavitasi.

**METODE PENELITIAN**

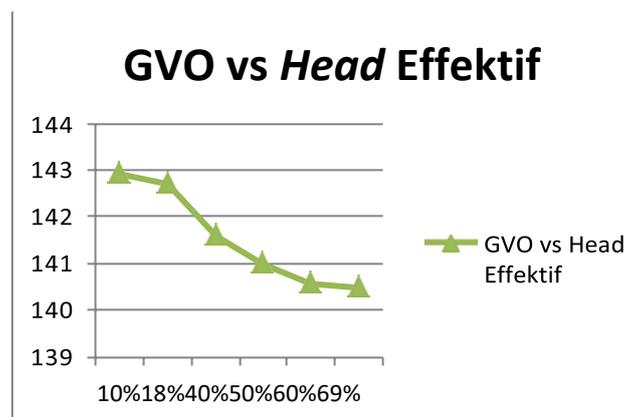




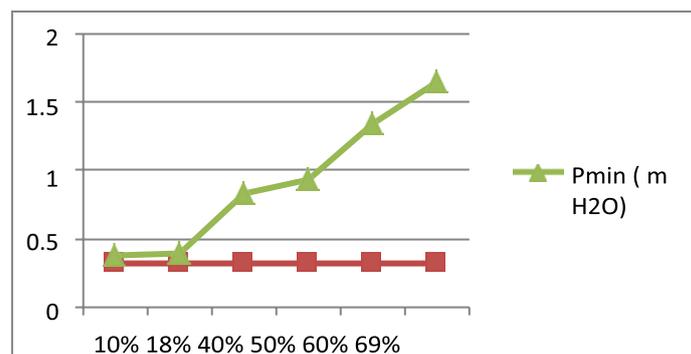
Gambar 1. Diagram Alur (flowchart)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hubungan antara Bukan Sudu Pengarah (GVO) Terhadap *Head* Effektif

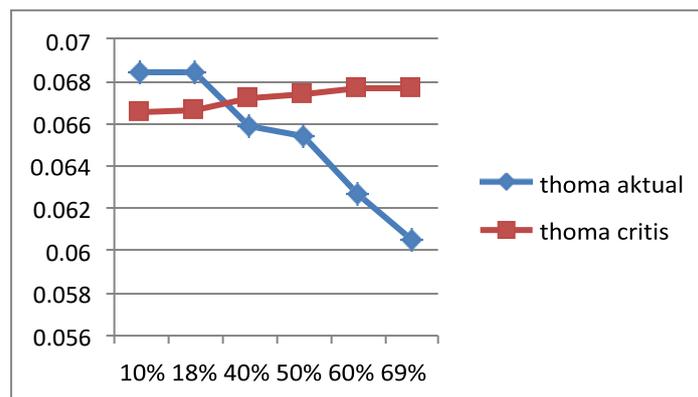
Gambar 2. Grafik Hubungan *Head* Effektif pada Tiap GVO

### Hubungan antara Bukan Sudu Pengarah (GVO) Terhadap Tekanan pada Sisi Masuk Pipa Isap



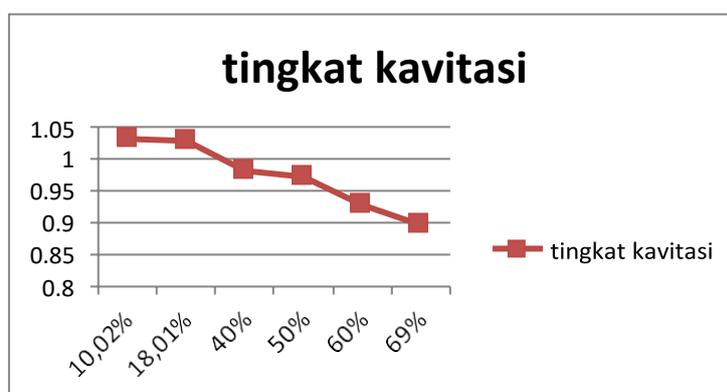
Gambar 3. Grafik Tekanan Minimum dan Tekanan Uap Jenuh Tiap GVO

### Hubungan Antara GVO dan Angka Thoma Aktual dan Kritis pada Sisi Masuk Pipa Isap



Gambar 4. Grafik Hubungan Antara GVO dan Angka Thoma Aktual dan Kritis pada Sisi Masuk Pipa Isap

### Hubungan antara Bukkaan Sudu Pengarah (GVO) Terhadap Tingkat Kavitasi pada Sisi Masuk Pipa Isap



Gambar 5. Grafik Hubungan antara GVO dengan Tingkat Kavitasi pada Sisi Masuk Pipa Isap

## SIMPULAN

Adapun kesimpulan diperoleh setelah melakukan analisis perhitungan dalam hasil perhitungan di penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Turbin air adalah mesin konversi energi yang berfungsi untuk merubah mengkonversi energi potensial (head) yang dimiliki oleh air ke bentuk energi mekanik pada poros turbin.
2. Tingkat kavitasi terjadi pada bukaan 10% dan kavitasi terjadi sampai bukaan 18% hal tersebut dapat dilihat pada grafik 4.4 yang menunjukkan nilai dari tingkat kavitasi lebih dari 1.
3. Tingkat kavitasi mengalami penurunan mulai dari bukaan 40%-69% dapat dilihat dari grafik 4.4 tingkat kavitasi menunjukkan nilai kurang dari 1 sehingga dapat bukaan yang paling aman digunakan adalah bukaan 69%.
4. Bukaan yang paling tidak disarankan adalah bukaan 10%-20% dikarenakan makin kecil bukaan maka makin cepat fluida pada guide vane, sehingga makin kecil tekanan, semakin kecil tekanan maka kavitasi makin besar.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Politeknik Negeri Medan melalui Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (P3M) yang telah mendanai penelitian ini.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Nurwantoro, Dorit 2013. Tugas Akhir Analisa Pengaruh Variasi Bukaannya Terhadap Tingkat Kavitasinya pada Turbin Francis Horizontal.
- Sinaga, Salomo, 2016, Pengaruh Bukaannya Terhadap Tingkat Kavitasinya di Sisi Masuk Pipa Isap Turbin Francis Vertikal UNIT 4 PLTA Tangga di PT INALUM POWER PLANT.
- Arifin Zaenal, 2017. Tugas Akhir Analisa Unjuk Kerja dan Tingkat Kavitasinya pada Turbin Francis di PT PJB unit pembangkitan Brantas UNIT PLTA Sutami.