

## KAJI EKSPERIMEN PENGARUH JUMLAH BLADE IMPELLER DAN LAJU ALIRAN MASSA FLUIDA TERHADAP KAVITASI POMPA SENTRIFUGAL MESIN TCU CASTING

Muhamad Safi'i<sup>1a</sup>, Nazaruddin Sinaga<sup>2</sup>, Eflita Yohana<sup>2</sup>, Agung Nugroho<sup>3</sup>, Yuris Setyoadi<sup>4</sup>

<sup>1a</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Sains Al Qur'an Jawa Tengah di Wonosobo

<sup>2</sup>Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim

<sup>4</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang.

Korespondensi:

<sup>a</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Sains Al Qur'an Jawa Tengah di Wonosobo

muhamadsafii17@unsiq.ac.id

### ABSTRAK

Kavitasi menjadi masalah utama pada pompa sentrifugal karena mempengaruhi kinerja dan efisiensinya. Studi eksperimental pengaruh jumlah *blade impeller* dan laju aliran massa fluida terhadap kavitasi pada pompa sentrifugal diselidiki dan dikarakterisasi untuk mengetahui fenomena dan karakteristik kavitasi. Pompa sentrifugal Merk Ebara tipe 65x50 FSS4JA yang terpasang pada instalasi TCU Mesin *Casting* dengan jumlah *blade* 4 pcs dan 6 pcs dengan sudut kemiringan konstan 60° digunakan sebagai objek penelitian. Variasi laju aliran massa fluida ditentukan dengan nilai 1,67 kg/s, 3,33 kg/s, 5,67 kg/s, dan 5,67 kg/s. 7,33kg/s. Hasil penelitian menunjukkan nilai kavitasi tertinggi diperoleh pada pompa sentrifugal dengan variasi jumlah *blade* 4 pcs dengan nilai NPSH 2,02 pada variasi laju aliran massa fluida sebesar 5,67 kg/s, dan yang terendah terjadi pada pompa sentrifugal dengan variasi jumlah *blade* 6 pcs dengan nilai NPSH 1,88. Pada variasi laju aliran massa fluida sebesar 7,33 kg/s. Pompa sentrifugal dengan jumlah *blade* 6 pcs yang bekerja pada laju aliran massa fluida sebesar 7,33 kg/s menjadi hasil optimum dalam riset ini dan memungkinkan dapat diterapkan secara praktis di lapangan.

**Kata kunci:** *Impeller*, Kavitasi, Pompa, Sentrifugal.

### ABSTRACT

*Cavitation is a major problem in centrifugal pumps because it affects their performance and efficiency. An experimental study of the influence of the number of impeller blades and fluid mass flow rate on cavitation in centrifugal pumps was investigated and characterized to determine the phenomenon and characteristics of cavitation. The Ebara brand centrifugal pump type 65x50 FSS4JA installed in the Casting Machine TCU installation with 4 blades and 6 blades with a constant tilt angle of 60° was used as the research object. Variations in fluid mass flow rate were determined with values of 1.67 kg/s, 3.33 kg/s, 5.67 kg/s, and 5.67 kg/s. 7.33kg/s. The research results showed that the highest cavitation value was obtained in a centrifugal pump with a variation in the number of blades of 4 pcs with an NPSH value of 2.02 at a fluid mass flow rate variation of 5.67 kg/s, and the lowest occurred in a centrifugal pump with a variation in the number of blades of 6 pcs with an NPSH value of 1.88. The variation in fluid mass flow rate is 7.33 kg/s. A centrifugal pump with 6 blades that works at a fluid*

mass flow rate of 7.33 kg/s is the optimum result in this research and allows it to be practically applied in the field.

**Keywords:** Cavitation, Centrifugal, Impeller, Pump.

## 1. PENDAHULUAN

Pompa sentrifugal merupakan mesin hidrolik yang penting [1] dan kavitasi telah menjadi hambatan yang signifikan sehingga membatasi perkembangannya [2]. Dalam sistem pompa kavitasi menjadi perhatian utama karena dapat menurunkan efisiensi dan kapasitas pompa, serta merusak komponen pompa [3]. Konfigurasi geometri pompa menjadi penyebab utama kavitasi karena memiliki pengaruh besar terhadap kapasitas pompa [4]. Tekanan fluida dan laju aliran massa fluida yang melemah mengakibatkan tekanan pompa turun dibawah tekanan uap jenuh fluida, akibatnya kavitasi pompa menjadi sumber masalah terhadap rusaknya *impeller* pompa [5]. Suara bising dan terjadinya getaran pada pompa menjadi salah satu pertanda terjadinya kavitasi pompa, sehingga perlu dilakukan analisa mendalam untuk mengetahui efektivitas pompa [6]. Dalam unjuk kinerja pompa sentrifugal biasanya besaran nilai NPSH menjadi acuan utama untuk kriteria kebaikan pompa, sehingga perlu dilakukan investigasi lebih lanjut untuk mengetahui karakteristik kavitasi pompa sentrifugal [7].

Berbagai cara dilakukan untuk meminimalisir efek kavitasi pompa sentrifugal, salah satu caranya adalah dengan memodifikasi *impeller* pompa dengan cara meningkatkan jumlah *blade impeller* yang semula 3 pcs menjadi 5 pcs, hasilnya kavitasi berkurang secara bertahap hingga 45,7% dan 43,1% [8]. Variasi frekuensi pompa sebesar 10 hingga 12,8 kHz diteliti dengan pendekatan eksperimen terhadap kavitasi pompa, hasilnya head pompa meningkat sebesar 8% dan NPSH dapat diturunkan sebesar 34% [9]. Besaran nilai koefisien head pada pompa sebesar 0,80, 0,84, 0,86 dikarakterisasi untuk menganalisa efek kavitasi lebih dalam dengan metoda eksperimen dan numerik, hasilnya kavitasi dapat diturunkan hingga besaran nilai koefisien head pada pompa sebesar 0,80 memiliki efek kavitasi terbaik, kavitasi bisa diturunkan hingga 20% [10]. Susunan *blade impeller* dengan *single radial vanes* dan *double radial vanes* diteliti dengan metoda eksperimen dan numerik terhadap efek kavitasi pompa sentrifugal, hasil penelitian menunjukkan bahwa *double radial vane* memiliki nilai  $\Delta P$  yang rendah yakni 1,583 Pa dan memiliki nilai NPSH terendah sebesar 1,117 [11].

Besaran laju aliran massa fluida 1,16 kg/s, 1,235 kg/s, 1,31 kg/s, 1,385 kg/s, dan 1,46 kg/s diteliti dan dikarakterisasi dengan metode eksperimen dan numerik terhadap kavitasi pompa sentrifugal, hasilnya tekanan berlebihan pada pompa dapat diturunkan sebesar 5% dan memiliki nilai NPSHr terkecil sebesar 5 pada variasi 1,46 kg/s [12]. Variasi debit yang dikembangkan pada pompa sentrifugal sebesar 0,4 m<sup>3</sup>/s, 0,6 m<sup>3</sup>/s, 0,8 m<sup>3</sup>/s, 1 m<sup>3</sup>/s, 1,2 m<sup>3</sup>/s, 1,4 m<sup>3</sup>/s, dan 1,6 m<sup>3</sup>/s diteliti dengan pendekatan eksperimen dan numerik terhadap kavitasi Pompa. Hasilnya nilai NPSH dapat diturunkan sebesar 0,6% seiring bertambahnya nilai debit pompa [13]. *Effects of head dan blade profile* diteliti dengan metode eksperimen dan numerik dengan memvariasikan head pompa, hasil penelitian menunjukkan bahwa tinggi *head* memainkan peran penting dalam pengurangan efek kavitasi pada pompa sentrifugal [14]. Efek besaran frekuensi dan Rpm pompa sangat berpengaruh terhadap kavitasi pompa, diketahui bahwa berdasarkan studi eksperimen semakin besar frekuensi dan rpm pompa maka semakin besar NPSHa pompa [15].

Penelitian sebelumnya difokuskan pada deteksi kavitasi pada pompa sentrifugal terhadap variasi seperti bentuk geometri *blade impeller*, Rpm, frekuensi getaran, *head* dan tekanan terhadap pengaruh fenomena kavitasi pompa sentrifugal. Selain itu, belum ada kaji eksperimen mengenai pengaruh laju aliran masa fluida terhadap kavitasi pada pompa sentrifugal. Pompa sentrifugal Merk Ebara tipe 65x50 FSS4JA yang terpasang pada instalasi TCU Mesin *Casting* dijadikan objek penelitian. Dalam studi eksperimen. Jumlah *blade impeller* ditentukan sebesar 4 dan 6 buah dengan sudut kemiringan *blade impeller* sebesar 60° yang diuji pada laju aliran massa fluida sebesar 1,67 kg/s, 3,33 kg/s, 5,67 kg/s, dan 7,33 kg/s untuk analisa mendalam kavitasi pompa. Fluida air dengan temperatur 25°C yang di produksi oleh mesin *chiller* digunakan untuk media untuk mengetahui karakteristik air dan efek kavitasi.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Model Fisik



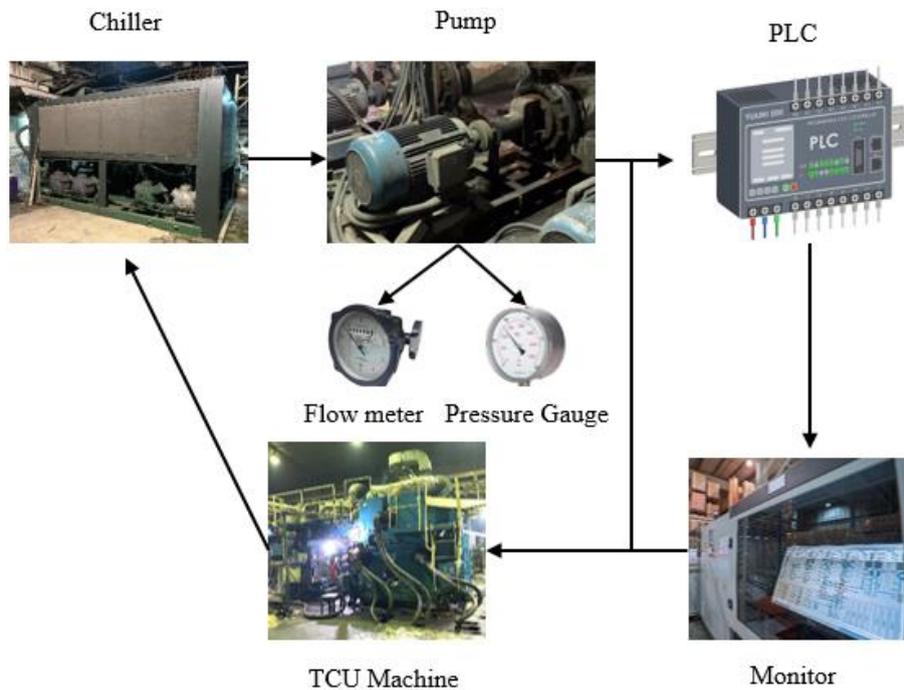
**Gambar 1. Pompa Sentrifugal EBARA 65x50 FSS4JA pada TCU Mesin Casting.**

Gambar 1 merupakan geometri pompa sentrifugal EBARA 65x50 FSS4JA yang menjadi objek penelitian dalam riset ini. Pada dasarnya pompa sentrifugal dalam penelitian ini memiliki prinsip kerja merubah energi mekanik dari motor menjadi energi kinetik pada fluida yang dipompa. Selain itu, pompa sentrifugal bekerja memanfaatkan gaya sentrifugal untuk mendorong fluida dari pusat *impeller* ke tepi luar. Dalam penelitian ini pompa sentrifugal memiliki spesifikasi yang dijelaskan oleh Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Pompa Sentrifugal EBARA 65x50 FSS4JA.

Model	65x50 FSS4JA
<i>Power</i> (kW)	3,7
<i>Frame No</i>	112 M
<i>Diameter Impeller</i>	260 mm
<i>Coupling CLA</i>	125
<i>Shaft Diameter Pump</i> (mm)	24 mm
<i>Shaft Diameter Motor</i> (mm)	28 mm
<i>Capacity</i>	0,34 m <sup>3</sup> /m
<i>Head</i>	25 m
<i>Rotating</i>	1450 Rpm
<i>Frequency</i>	50 Hz
<i>Voltage</i>	380 V

### 2.2 Skema Eksperimen



**Gambar 2. Skema Eksperimen**

Skema eksperimen pada pompa sentrifugal Merk Ebara tipe 65x50 FSS4JA yang terpasang pada instalasi TCU Mesin *Casting* dijelaskan pada Gambar 2. Mulanya mesin *chiller* memproduksi air dingin dengan temperatur sebesar  $5^{\circ}\text{C}$  dengan tekanan 10 Bar dengan propertis material air densitas  $\rho = 998 \text{ kg/m}^3$ , viskositas dinamik  $\mu = 1.7478 \cdot 10^{-5} \text{ kg/m}^2$ , viskositas kinematik  $\nu = 1.3763 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ , panas spesifik  $C_p = 1.0057 \cdot 10^3 \text{ J/kg.K}$ , dan konduktivitas termal  $K = 0,024458 \text{ Wm.K}$  mengalir dengan kapasitas sebesar  $0,34 \text{ m}^3/\text{m}$  dengan laju aliran massa fluida yang bervariasi dengan nilai 1,67 kg/s, 3,33 kg/s, 5,67 kg/s, dan 7,33 kg/s dialirkan melalui pompa sentrifugal dengan *head* 25 m. Pompa digerakkan dengan *power* motor: 3,7 kw, daya: 3 Hp, Putaran: 1400 Rpm/4 Pole, tegangan listrik: 380V/3 Phase, dan frekuensi 50 Hz *Foot Mounting* merk MITSUBISHI digunakan untuk mendistribusikan air menuju mesin TCU *Casting*. Kontrol *pressure* dan laju aliran massa air dikendalikan oleh sistem PLC Merk Siemens dengan tegangan 24 VDC dengan memori kerja 284 KB yang terhubung langsung ke layar komputer (Komputer hp Nvidia Core i9, Ram 32 GB, SSD 1 TB, dengan sistem operasi Windows 10) dan juga dapat diketahui secara langsung pada *pressure gauge* (Merk Elitech GSP-6, *Pressure range* : 0-200 Mpa, *Display unit* : Mpa, Kpa, PSI, Kg/cm<sup>2</sup>, *Gauge material* : SUS304 stainless steel, *Connector size* : G ¼ inch, *Installation interface* : M 20 x 1.5, *Temperature* :  $-20^{\circ}\text{C} - 80^{\circ}\text{C}$ , *Nominal diameter* : 80 mm/3.15 inch, *Weight* : 320 g, Akurasi : 0,2% FS) dan *flow meter* (Merk : Sure (Regular type), *Velocity* 0,3 kg/s – 20 kg/s, *Accuracy* : 0,2% of reading), air di distribusikan melalui pipa dengan diameter 1,25 inch untuk mendinginkan *roll* mesin *casting*, setelah mendinginkan *roll* mesin *casting* air keluar dari *roll* dengan temperatur  $80^{\circ}\text{C}$  bersirkulasi dan kembali ke mesin *chiller* untuk di dinginkan ulang.

### 2.3 Reduksi Data Eksperimen

Hasil data eksperimen berupa besaran nilai kecepatan aliran rata-rata, tekanan, dan debit pompa guna untuk mencari nilai NPSH. Pada studi eksperimen fluida yang digunakan adalah air. Viskositas kinematik didapatkan berdasarkan hubungan korelasi antara viskositas dinamik dibagi dengan masa jenis udara yang dihitung dengan persamaan 1:

$$\mu = \frac{v}{\rho} \quad (1)$$

Kecepatan air rata-rata yang mengalir pada saluran pipa pompa ditentukan antara 1,67-6,33 kg/s, dan jumlah *impeller* terdiri 6 baris. Rata-rata untuk bilangan Reynolds dihitung dengan persamaan 2:

$$Re = \frac{\rho \cdot D \cdot U_{\infty}}{\mu} \quad (2)$$

Debit yang bekerja pada pompa dihitung dengan menggunakan persamaan 3:

$$Q = V \times A \quad (3)$$

*Head* merupakan kemampuan kerja mekanik pompa disetiap satuan berat untuk mentransfer fluida dengan tinggi yang telah ditentukan. *Head shut-off* adalah fenomena dimana kapasitas pompa sama dengan nol saat *head* pompa maksimum. *Head* total pompa dapat dihitung dengan persamaan 4:

$$H_p = h_a + h_f \quad (4)$$

Terdapat 2 jenis *losses* pada sisi aliran pompa yakni:

*Head loss* mayor merupakan kerugian gesekan pada sistem perpipaan dan dapat dihitung dengan persamaan 5:

$$H_{my} = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{Vd^2}{2g} \quad (5)$$

*Head* minor adalah kerugian aliran akibat sistem perpipaan seperti, *elbow*, katup, *fitting*, saringan, dan lain-lain dan dapat dihitung dengan persamaan 6:

$$H_{mn} = f \cdot \frac{Vd^2}{2g} \quad (6)$$

Jika motor listrik digunakan sebagai penggerak pompa, maka rotasi harus ditentukan. Dalam hal ini, pemilihan rotasi sinkron dari rotasi standar pada motor listrik menjadi pertimbangan yang cermat. Motor listrik induksi dengan putaran 1-20% dipilih karena faktor keamanan untuk menghindari slip. Rotasi spesifik memungkinkan *impeller* dapat mentransfer fluida sebanyak 1,67 kg/s dengan *head* 25 m. Selain itu indeks pompa juga menjadi pertimbangan utama dalam penggunaan kapasitas dan tinggi tekan untuk mendapatkan titik efisiensi maksimal yang mana hal tersebut dapat menentukan profil dan bentuk *impeller*, sehingga rotasi pompa dapat dihitung dengan persamaan 7:

$$Ns = n \cdot \frac{Q^{1/2}}{H^{3/4}} \quad (7)$$

Kapasitas, *head*, dan kecepatan (putaran), putaran spesifik, dan kerugian lainnya merupakan parameter penting pada nilai efisiensi pompa. Untuk menentukannya diperlukan grafik hubungan antara putaran spesifik dan kapasitas aliran fluida yang didiskusikan dalam pembahasan putaran spesifik, sehingga kapasitas pompa dihitung dengan persamaan 8:

$$P = \frac{\gamma \cdot H \cdot Q}{\eta \text{ pompa}} \quad (8)$$

Umumnya, motor induksi menggerakkan pompa sentrifugal secara langsung dan besaran daya motor dapat dihitung dengan persamaan 9:

$$P_m = \frac{P^{1+a}}{\eta_t} \quad (9)$$

*Head positive netto* digunakan untuk ukuran keamanan pompa terhadap fenomena kavitasi, *head positive netto* dihitung dengan persamaan 10:

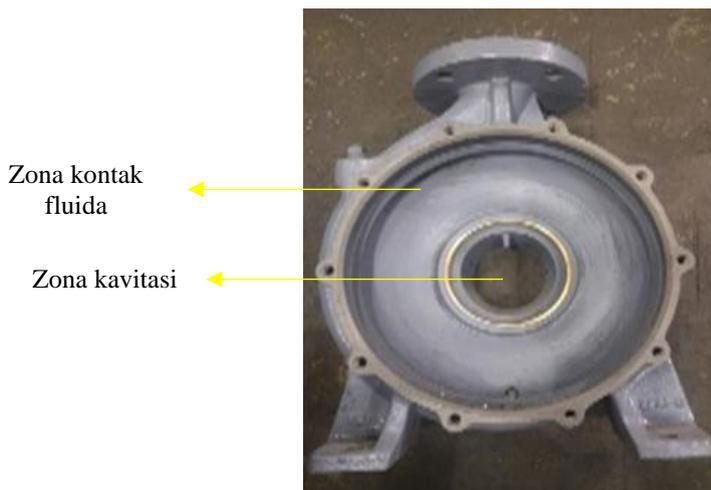
$$H_{sv} = \frac{P_a - P_v}{\gamma} - h_a - h_{f \text{ suction}} \quad (10)$$

NPSH yang diperlukan tergantung pada kapasitas, *head* dan rotasi pompa dapat dihitung dengan persamaan 11:

$$NPSH_{svn} = \left(\frac{n}{s}\right)^{4/3} \cdot Q^{2/3} \quad (11)$$

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

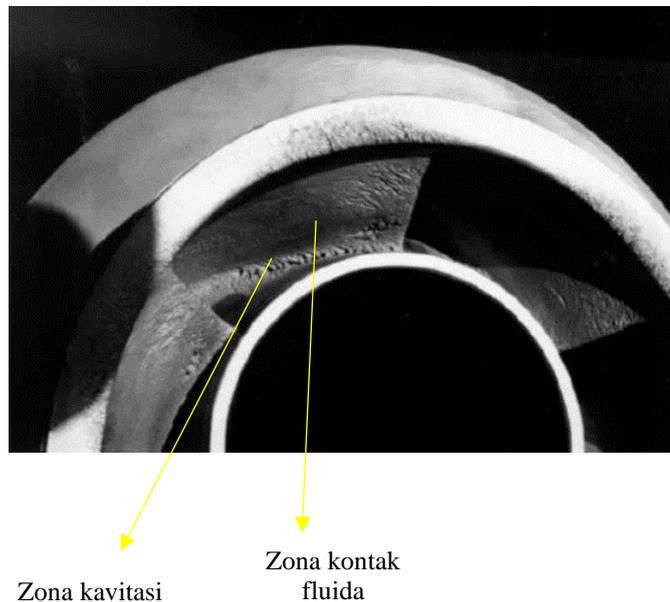
#### 3.1 Pengaruh Jumlah dan Sudut *Blade Impeller* Konstan



**Gambar 3. Kavitasi pada *Volute*.**

Studi eksperimen pada Pompa Sentrifugal Merk Ebara tipe 65x50 FSS4JA diteliti dan dikarakterisasi terhadap variasi laju aliran masa fluida. Pada dasarnya pompa sentrifugal bekerja dengan transfer energi mekanik dari sumber energi eksternal (motor listrik) untuk memberikan perbedaan tekanan hisap dan pembuangan, dalam hal ini adalah Mesin *Casting Unit*. Jumlah *blade impeller* konstan sebesar 6 pcs dengan sudut kemiringan *blade* 60° memungkinkan dapat memengaruhi pola aliran, kecepatan fluida, dan kinerja pencampuran fluida. Dalam riset ini pengaruh jumlah *blade* dan sudut kemiringan *blade impeller* juga diteliti terhadap zona kavitasi dan zona kontak antara *impeller* terhadap fluida air. Kurangnya *head* dan *pressure* pada pompa mengakibatkan adanya suara bising disertai getaran yang terjadi pada *volute* pompa, sehingga penerapan laju aliran massa fluida yang optimal menjadi perhatian utama karena distribusi aliran fluida yang berkembang pada lapisan batas *volute* mempunyai pengaruh besar terhadap timbulnya kavitasi seperti yang dijelaskan oleh Gambar 3. Pengaruh pada pola aliran terhadap jumlah *blade impeller* 6 pcs diberbagai variasi laju aliran massa fluida memungkinkan membentuk aliran *quick return flow*, yaitu aliran yang bergerak lurus dari *impeller* dan kembali ke daerah *impeller*. Selain itu jumlah *blade impeller* yang banyak akan menghasilkan kecepatan aliran fluida yang lebih cepat sehingga kinerja dan performa pompa sentrifugal menjadi baik, namun anehnya tekanan yang bekerja

menjadi lebih tinggi. Akibatnya faktor friksi juga menjadi tinggi yang memungkinkan nilai NPSH juga meningkat. Sedangkan pola aliran terhadap jumlah *blade impeller* 4 pcs diberbagai variasi laju aliran massa fluida menunjukkan adanya intensitas *vortex* yang berlebihan di area zona kontak, akibatnya kavitasi cenderung dominan.

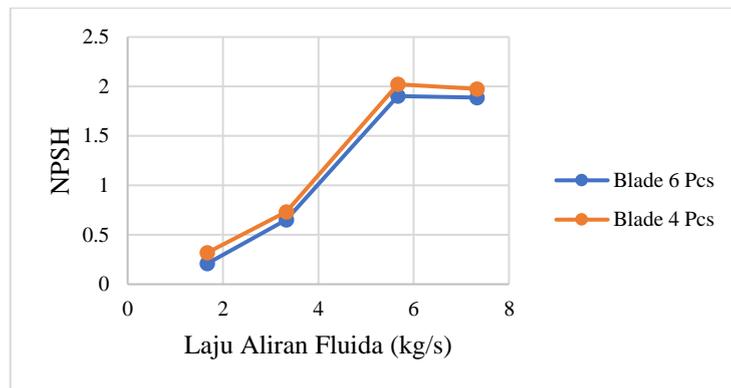


**Gambar 4. Karakteristik Kavitasi *Impeller* Pompa Sentrifugal Mesin TCU Casting dengan jumlah *Blade Impeller* 6 Pcs.**

Gambar 4 menjelaskan karakteristik kavitasi *impeller* pompa sentrifugal Mesin TCU Casting dengan jumlah *blade impeller* 6 Pcs. Zona kavitasi merupakan area dimana terjadi perubahan fase zat cair menjadi uap, yang disebut sebagai kavitasi, sedangkan zona kontak didapatkan karena adanya batas antara fluida dengan kepadatan yang berbeda dalam *reservoir*. Dengan ditingkatkannya variasi jumlah *blade* dari 4 pcs ke 6 pcs memungkinkan dapat menurunkan efek kavitasi di sekitar *blade* dan *volute* pompa hingga kurang lebih 8%, ada kemungkinan jika ditambah lebih banyak *blade impeller* memungkinkan dapat menekankan dan menurunkan tingkat efek kavitasi lebih kecil, namun memberikan dampak terhadap *pressure drop* yang tinggi. Terbukti dengan ditingkatkannya variasi jumlah *blade impeller* pompa sentrifugal dari 3 pcs ke 5 pcs memberikan data penurunan kavitasi yang signifikan dengan nilai antara 45,7% dan 43,1% [8].

Selain itu, ada kemungkinan bahwa tekanan *head* statis dan kehilangan gesekan dinamis juga menyebabkan faktor utama terjadinya kavitasi pada pompa, sehingga dengan peningkatan jumlah *blade impeller* pompa sentrifugal diharapkan dapat meningkatkan tekanan balik hidrostatik tambahan dan mengurangi gaya gesek. Selain itu, perbedaan tekanan bagian hisap (*suction*) dan bagian tekan (*discharge*) pada pompa sentrifugal yang optimal akan memberikan kenaikan daya pompa air yang lebih besar sehingga efisiensi pompa juga dapat ditingkatkan. Secara teoritis dengan ditingkatkannya jumlah *blade impeller* pada pompa sentrifugal disinyalir dapat meningkatkan daya air pada pompa. Pompa sentrifugal beroperasi dengan mengubah energi kinetik fluida menjadi energi potensial atau energi dinamis. Fluida masuk ke dalam pompa melalui *impeller* yang berputar, kemudian didorong keluar ke tepi *impeller* oleh gaya sentrifugal. Selain itu pompa sentrifugal memiliki fleksibilitas dalam berbagai aplikasi karena dapat menangani operasi tekanan rendah dan tinggi sehingga daya air menjadi optimal.

### 3.2 Pengaruh Laju Aliran Massa Fluida



**Gambar 4. Hubungan Laju Aliran Massa Fluida terhadap NPSH.**

Pengaruh pada laju aliran massa fluida sebesar 1,67 kg/s, 3,33 kg/s, 5,67 kg/s, dan 7,33 kg/s dikarakterisasi dalam studi eksperimen yang sedang dipelajari untuk mendeteksi fenomena kavitas pada pompa. Sudut kemiringan blade (*blade angle*) konstan pada pompa sentrifugal dapat mempengaruhi terjadinya kavitas. Kavitas adalah fenomena yang terjadi ketika tekanan lokal dibawah tekanan uap jenuh cairan fluida. Laju aliran yang tinggi dapat meningkatkan tingkat kavitas pada pompa. Besaran laju aliran massa fluida memungkinkan dapat meningkatkan turbulensi di sekitar *blade* pompa, hal itu mengakibatkan timbulnya *swir flow* dan vortisitas di sekitar *impeller*. Fluida dengan tekanan tinggi ketika terjadi gaya sentrifugal dan gaya *drag* pada *impeller* memungkinkan terciptanya gelembung, yang kemudian pecah akibat kehilangan tekanan. Akibatnya kavitas terjadi yang mana fenomena tersebut sangat merugikan karena dapat merusak komponen pompa terutama pada komponen *impeller*. Besaran laju aliran massa fluida yang tinggi bukan jaminan terhadap performa pompa, sebaliknya malah menimbulkan efek kavitas menjadi lebih parah karena tekanan hisap perlahan menurun terutama pada *impeller* dengan jumlah *blade* 4 pcs. Hal itu sama dengan hasil riset [12, 13] timbulnya *swir flow* dan intensitas *vortex* di sekitar *blade* menjadikan adanya gelembung-gelembung udara dengan tekanan tinggi. Akibatnya ketika gelembung tersebut menumbuk permukaan *blade* maka tekanan perlahan menurun dan pecah, hal tersebut merupakan salah satu indikasi terjadinya proses kavitas.

Gambar 4 merupakan hubungan antara laju aliran massa fluida terhadap NPSH. Peningkatan besaran laju aliran massa fluida memainkan peran penting dalam terjadinya kavitas, umumnya laju aliran massa fluida yang tinggi menyebabkan kavitas juga tinggi, dalam penelitian ini tingkat kavitas yang terjadi pada pompa dengan jumlah *blade* 6 pcs yang diuji secara eksperimen dengan membedakan laju aliran massa fluida mempunyai nilai kavitas sebesar 0,2 pada variasi laju aliran massa fluida 1,67 kg/s, 0,65 pada variasi laju aliran massa fluida 3,33 kg/s, 1,9 pada variasi laju aliran massa fluida 5,67 kg/s, dan 1,88 pada variasi laju aliran massa fluida 7,33 kg/s. Hasil tersebut mengkonfirmasi bahwa semakin tinggi variasi laju aliran massa fluida maka tingkat kavitas semakin tinggi, namun anehnya ketika variasi ditingkatkan dari 5,67 kg/s ke 7,33 kg/s nilai kavitas perlahan turun, hal tersebut mengkonfirmasi bahwa variasi laju aliran massa fluida 7,33 kg/s adalah variasi laju aliran massa fluida yang optimal dan memungkinkan dapat diterapkan untuk diaplikasikan di lapangan. Hal tersebut selaras dengan hasil uji eksperimen pada pompa sentrifugal dengan jumlah *blade* 4 pcs yang mempunyai nilai karakteristik kavitas yang hampir sama.

#### 4. KESIMPULAN

Nilai kavitas tertinggi diperoleh pada pompa sentrifugal dengan variasi jumlah *blade* 4 pcs dengan nilai NPSH 2,02 pada variasi laju aliran massa fluida sebesar 5,67 kg/s, sedangkan yang terendah terjadi pada pompa sentrifugal dengan variasi jumlah *blade* 6 pcs dengan nilai NPSH 1,88 pada variasi laju aliran massa fluida sebesar 7,33 kg/s. Pompa sentrifugal dengan jumlah *blade* 6 pcs yang bekerja pada laju aliran massa fluida sebesar 7,33 kg/s menjadi hasil optimum dalam riset ini dan memungkinkan dapat diterapkan secara praktis di lapangan. Untuk memberikan kontribusi di bidang konversi energi dan kajian akademik kami merekomendasikan jika hasil riset ini perlu dikembangkan dengan metode numerik agar mendapatkan hasil lebih nyata dalam mengetahui karakteristik aliran fluida dan fenomena kavitas.

### Pernyataan Persaingan Kepentingan

Para penulis menyatakan bahwa kami tidak mengetahui adanya persaingan kepentingan keuangan atau hubungan pribadi yang mungkin tampak mempengaruhi pekerjaan yang dilaporkan dalam makalah ini.

### Ucapan Terima Kasih

Beasiswa Pendidikan Indonesia (BPI). Gedung C Lantai 13. Jl. Jenderal Sudirman Senayan Jakarta Pusat 10270. Pusat Panggilan: 177. CFD Research Group Universitas Sains Al Qur'an Jawa Tengah di Wonosobo. Jl. KH. Hasyim Asy'ari Km. 03 Kalibeber Kec. Mojotengah, Kab. Wonosobo 56351. Laboratorium Efisiensi dan Konservasi Energi, Universitas Diponegoro Semarang. Jl. Prof. Sudarto No.13, Tembalang, Kec. Tembalang, Kota Semarang, Jawa Tengah (50275), Indonesia. Laboratorium Konversi Energi, Universitas Wahid Hasyim. Jl. Raya Gunungpati No.Km.15, Nongkosawit, Kec. Gn. Pati, Kota Semarang, Jawa Tengah 50224. PT. POLIDAYAGUNA PERKASA UNGARAN, JAWA TENGAH. Jl. Karimunjawa, Kali-tengah, Gedanganak, Kec. Ungaran Tim., Kabupaten Semarang, Jawa Tengah 50519.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Muhamad. S, Rouf M. Nur B. J. Analisa Kerusakan Pompa Oli Temperature Control Unit Pada Mesin Longitudinal Strecher Ditinjau Dari Kerugian Biaya Produksi di PT. POLIDAYAGUNA PERKASA UNGARAN. STORAGE – Jurnal Ilmiah Teknik dan Ilmu Komputer. Vol. 3, No. 1, PP. 106-115. 2024. <https://doi.org/10.55123/storage.v3i1.3173>.
- [2]. Wang. Y, Shao. J, Yang. F, Zhu. Q, Zuo. M. Optimization Design of Centrifugal Pump Cavitation Performance Based on The Improved BP Neural Network Algorithm. Measurement. Vol. 245, No. 1, PP. 1-15. 2025. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2024.116553>.
- [3]. Yang. S, Liu. Y, Shao. C, Zhou. J. Study on the Characteristics of Internal and External Sound Fields in Centrifugal Pumps under Cavitation Induced Monopole and Dipole Sound Sources. Applied Acoustics. Vol. 231, No. 1, PP. 1-13. 2025. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2024.110499>.
- [4]. Al-Obaidi. A. R, Shaban A. S. Experimental and Numerical the Effect of Cavitation Detection on Hydraulic Performance of the Centrifugal Pump Based on Different Geometrical Configurations. Journal of Engineering Research. Vol. 230, No. 2, PP. 1-21. 2025. <https://doi.org/10.1016/j.jer.2024.11.006>.
- [5]. Lu. Y, Tan. L, Zhao. X, Ma. C. Experiment on Cavitation-Vibration Correlation of a Centrifugal Pump under Steady State and Start-Up Conditions in Energy Storage Station. Journal of Energy Storage. Vol. 83, No. 4, PP. 1-14. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.est.2024.110763>.
- [6]. Liu. Q, Qi. X, Zhu. Z, Gao. Y, Yang. G, Li. C, Sun. L. Investigation of Cavitation Characteristics in an Aircraft Centrifugal Fuel Pump. Flow Measurement and Instrumentation. Vol. 96, No. 3, PP. 1-16. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.flowmeasinst.2024.102521>.
- [7]. Dehghan. A. A, Shojaeefard. M. H, Roshanaei. M, (2024). Exploring a New Criterion to Determine the Onset of Cavitation in Centrifugal Pumps from Energy-Saving Standpoint: Experimental and Numerical Investigation. Energy. Vol. 293, No. 3, PP. 1-16. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.130681>.
- [8]. Song. P, Wei. Z, Zhen. H, Liu. M, Ren. J. Effects of Pre-Whirl and Blade Profile on the Hydraulic and Cavitation Performance of a Centrifugal Pump. International Journal of Multiphase Flow. Vol. 157, No. 4, PP. 1-14. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.ijmultiphaseflow.2022.104261>.
- [9]. Cucit. V, Burlon. F, Fenu. G, Furlanetto. R., Pellegrino. F. A, Simonato. M. A Control System for Preventing Cavitation of Centrifugal Pumps. Energy Procedia. Vol. 148, No. 2, PP. 242-249. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.08.074>.
- [10]. Wanga. X, Wanga. Y, Liua. H, Yadong X, Jiang L, Li. M. A Numerical Investigation on Energy Characteristics of Centrifugal Pump for Cavitation Flow Using Entropy Production Theory. International Journal of Heat and Mass Transfer. Vol. 201, No. 2, PP. 1-13. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2022.123591>.
- [11]. Kang. W, Zhou. L, Wang. Z. Analysis of Flow Characteristics and Cavitation in The Vanes of a Reversible Pump-Turbine in Pump Mode. Journal of Energy Storage. Vol. 68, No. 2, PP. 1-13. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.est.2023.107690>.
- [12]. Ramirez. R., Avila. E. Lopez. L, Bula. A, Forero. J. D. CFD Characterization and Optimization of the Cavitation Phenomenon in Dredging Centrifugal Pumps. Alexandria Engineering Journal. Vol. 59, No. 2, PP. 291-309. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2019.12.041>.

- [13]. Zhao. G, Liang. N, Li. Q, Cao. L, Wu. D. Effect Mechanisms of Leading-Edge Tubercle on Blade Cavitation Control in a Waterjet Pump. *Ocean Engineering*. Vol. 59, No. 2, PP. 291-309. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2023.116240>.
- [14]. Gong. B, Zhang. Z, Feng. C, Yin. J, Li. N, Wang. D. Experimental Investigation of Characteristics of Tip Leakage Vortex Cavitation-Induced Vibration of a Pump. *Annals of Nuclear Energy*. Vol. 192, No. 2, PP. 1-12. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.anucene.2023.109935>.
- [15]. Wang. D, Wei-dong. W, Jia-jun. H, Wei-guo. H, H. Lai. Experimental Study of Cavitation Noise Characteristics in a Centrifugal Pump Based on Power Spectral Density and Wavelet Transform. *Flow Measurement and Instrumentation*. Vol. 94, No. 2, PP. 1-16. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.flowmeasinst.2023.102481>.