

Analisis Pengaruh Kavitasasi pada Pompa Sentrifugal *Graving Dock*

Al Farrel Ghazali^{1*}, Emie Santoso²

Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{*}
Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia²

Email: alfarrel@student.ppns.ac.id^{*}; emie.santoso@ppns.ac.id²

Abstract - Centrifugal pump at the graving dock experienced cavitation. It caused noise and a damage to its impeller as vapor bubbles appeared around it. This problem caused the centrifugal pump's power decreased. The research method to solve it is collecting, calculating, and analyzing data. The calculations analyzed are the calculation of velocity, friction factor, head losses, pump head, NPSHA and NPSHR values. If NPSHA value is less than NPSHR, the pump is cavitated and modification to the piping system is needed so that the cavitation problem can be overcome. The NPSHA calculation result is 4.77 m while the NPSHR is 6 m so that it can be concluded that the pump experienced cavitation. Based on these calculations, modification of its centrifugal pump piping system is required. The pump which was originally had a suction pipe length of 6 meters was shortened to 5 meters. The pump position was lowered so that the suction pipe could reach the lowest water level at the graving dock. The pipe diameter of 0.3 meters was enlarged to 0.4 meters. After modification, the NPSHA value exceeds the NPSHR by 0.7 meters so that the centrifugal pump will be safe from cavitation.

Keyword: Graving Dock, Cavitation, NPSH, Centrifugal Pump.

Nomenclature

NPSHA	Nilai NPSH yang dibutuhkan (m)
NPSHR	Nilai NPSH yang tersedia (m)
Pa	Tekanan Atmosfer (N/m ³)
Pvp	Tekanan Uap Jenuh (N/m ³)
h	Ketinggian Tangki ke Pompa (m)
H_L	Head Losses (m)

1. PENDAHULUAN

Pompa sentrifugal yang terdapat pada *graving dock* milik perusahaan diprediksi telah mengalami penurunan kinerja karena disebabkan oleh kavitasasi. Kavitasasi terjadi ketika gelembung-gelembung udara yang dihasilkan oleh aliran fluida di dalam pompa akibat terjadinya penurunan tekanan parsial dari cairan yang mengalir di dalam pompa tersebut [1]. Penurunan tekanan yang terjadi di dalam pompa mengubah cairan menjadi uap dan ketika *impeller* pompa berputar, gelembung udara tersebut akan bergerak dan tekanannya meningkat yang memicu terjadinya gelombang kejut di dalam pompa yang akan mengikis permukaan pada *impeller* atau komponen lainnya sehingga dapat menyebabkan terjadinya kerusakan yang signifikan khususnya pada *impeller* atau rumah pompa. Kerusakan ini menyebabkan penurunan kinerja yang ditandai munculnya kebisingan dan getaran berlebih pada pompa.

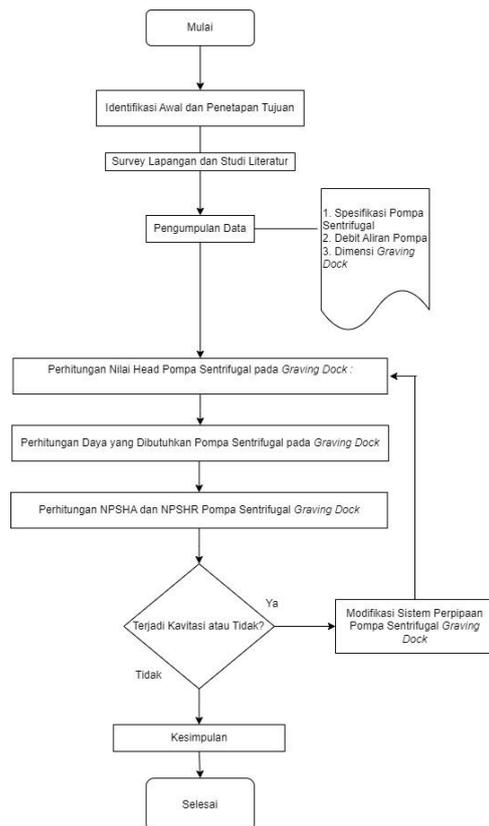
Berdasarkan permasalahan diatas, maka perlu dilakukan analisis untuk mengetahui apakah pompa sentrifugal benar mengalami kavitasasi atau tidak dengan melakukan perhitungan meliputi perhitungan *Net Positive Suction Head Available* (NPSHA) dan *Net Positive Suction Head Required* (NPSHR). Jika nilai NPSHA < NPSHR, maka pompa mengalami kavitasasi dan perlu dilakukan modifikasi desain sistem perpipaan pada pompa agar terhindar dari kavitasasi. Setelah modifikasi, akan dilakukan perhitungan ulang apakah modifikasi yang dilakukan berhasil mengatasi permasalahan kavitasasi pada pompa sentrifugal *graving dock*.

2. METODOLOGI .

2.1 Metode Penelitian

Penelitian ini memerlukan data-data primer meliputi data spesifikasi pengujian pompa sentrifugal *graving dock* berupa debit air, data dimensi instalasi perpipaan dan dimensi *graving dock* dan data sekunder meliputi spesifikasi teknis pompa sentrifugal *graving dock* serta buku dan jurnal yang dijadikan sumber acuan perhitungan.

Berikut ini adalah diagram alir penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.2 Aliran Fluida

Aliran fluida dibedakan menjadi 3 tipe yaitu aliran laminar, aliran transisi, dan aliran turbulen. Tipe aliran ini didapat dari hasil eksperimen yang dilakukan oleh Osborne Reynold tahun 1883 yang mengklasifikasikan aliran menjadi 3 tipe. Berikut klasifikasinya :

a) Aliran Laminar

Aliran laminar adalah aliran dengan fluida yang bergerak dalam lamina-lamina atau lapisan-lapisan dengan satu lapisan meluncur secara lancar. Aliran laminar ini mempunyai nilai bilangan Reynoldnya kurang dari 2000 ($Re < 2000$).

b) Aliran Transisi

Aliran transisi adalah aliran peralihan dari aliran laminar ke aliran turbulen. Kondisi peralihan ini tergantung pada suatu viskositas fluida, kecepatan dan lain-lain yang menyangkut geometri aliran dimana nilai bilangan Reynoldnya antara 2300 sampai dengan 4000 ($2300 < Re < 4000$).

c) Aliran Turbulen

Aliran turbulen adalah aliran yang pergerakan dari partikel-partikel fluida sangat tidak menentu karena mengalami pencampuran serta putaran partikel antar lapisan, yang mengakibatkan saling tukar momentum dari satu bagian fluida ke bagian fluida yang lain dalam skala yang besar. Dimana

nilai bilangan Reynoldnya lebih besar dari 4000 ($Re > 4000$).

2.3 NPSH

NPSH adalah tinggi isap total dikurangi tekanan uap absolut (dalam tinggi kolom fluida yang dipompa) [2]. NPSH adalah kebutuhan minimum pompa untuk bekerja secara normal. NPSH menyangkut apa yang terjadi di bagian *suction* pompa, termasuk apa yang datang ke permukaan pendorong. NPSH dipengaruhi oleh pipa *suction* dan konektor-konektor, ketinggian dan tekanan fluida dalam pipa *suction*, kecepatan fluida dan temperatur. NPSH dinyatakan dalam satuan *feet*. NPSH dibagi menjadi 2 yaitu :

1. Net Positive Suction Head Available (NPSHA)

NPSHA (dalam satuan meter kolom fluida) adalah head yang dimiliki oleh fluida pada sisi isap pompa dikurangi tekanan uap jenuh fluida ditempat tersebut. Rumus persamaan yang digunakan dalam menghitung NPSHA adalah sebagai berikut :

$$NPSHA = \frac{p}{\rho g} - h - H_{Lsuc} - \frac{P_{vp}}{\rho g} \quad (1)$$

2. Net Positive Suction Head Required (NPSHR)

NPSHR adalah nilai head tekanan yang dibutuhkan oleh pompa sentrifugal yang menjadi syarat minimal besar nilai tekanan yang terdapat pada inlet pompa yang dikurangi penurunan tekanan. Nilai NPSHR dapat diperoleh dari *manual book* spesifikasi pompa. Tetapi untuk penaksiran secara kasar, NPSHR dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$H_{sv} = \sigma H \quad (2)$$

2.4 Kavitasi

Kavitasi adalah peristiwa terbentuknya gelembung-gelembung uap di dalam cairan yang dipompa akibat turunnya tekanan cairan sampai di bawah tekanan uap jenuh [3]. Gejala terjadinya kavitasi disebabkan karena menguapnya zat cair yang sedang mengalir didalam pompa atau diluar pompa, karena tekanan yang terjadi berkurang mencapai dibawah tekanan uap jenuhnya [4]. ketika zat cair mendidih, maka akan timbul gelembung-gelembung uap zat cair. Bagian pompa yang sering terjadinya kavitasi ialah sisi isap pompa, dikarenakan tekanan pada sisi isap sering kali terlalu rendah hingga dibawah tekanan uap jenuhnya.

Saat pengoperasian pompa sentrifugal yang mengalami kavitasi akan menimbulkan kebisingan yang disebabkan gelembung uap yang pecah yang terus-menerus karena tekanan sekelilingnya akibat pecahan gelembung uap tersebut yang mengenai *casing* pompa yang akan

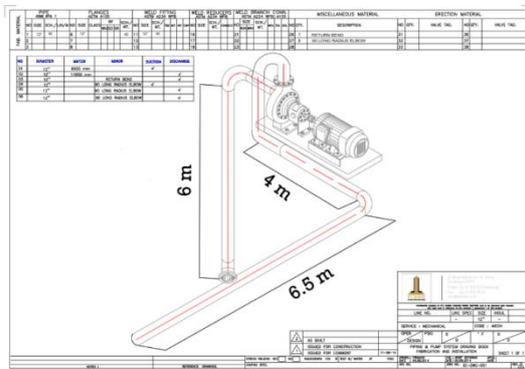
berdampak terjadinya getaran dengan intensitas tinggi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian dimulai dengan menghitung terlebih dahulu nilai laju aliran, nilai Reynolds, koefisien kerugian gesek, dan *major losses* serta *minor losses* untuk mendapatkan nilai *head losses* yang akan digunakan dalam perhitungan NPSHA. Seluruh data yang digunakan sebagai acuan perhitungan dapat dilihat melalui spesifikasi teknis pompa dan desain perpipaan lama.

3.1 Spesifikasi Teknis Desain Lama

Pompa sentrifugal yang digunakan perusahaan adalah pompa sentrifugal KSB tipe FGD 300 dengan desain gambar spesifikasi sistem seperti Gambar 2 dibawah ini.



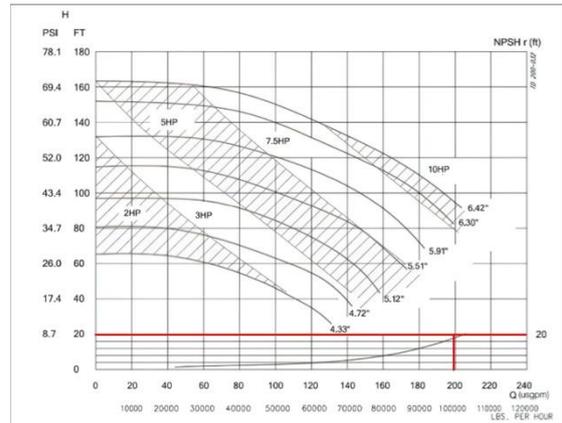
Gambar 2. Desain Lama Sistem Pompa Graving Dock

Mengacu pada spesifikasi teknis pompa, maka didapatkan perhitungan laju aliran, nilai Reynolds, koefisien kerugian gesek, dan *major losses* serta *minor losses* adalah seperti yang tercantum pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Spesifikasi Pompa dan Perhitungan Desain Lama

Spesifikasi	
Merk	KSB
Tipe	FGD 300
Rotasi	2945 rpm
Motor Output	60 KW
Engine Output	78 HP
Total Head	45 Meter
Debit Pompa	450 m ³ /h
Laju Aliran	1.77 m/s
Nilai Reynolds	6,923 x 10 ⁵
Friction Losses	0,005
Head Losses	2.7 m

Nilai NPSHR dapat diketahui dengan membaca tabel yang terdapat pada *manual book* pompa KSB tipe FGD 300. Dari pembacaan kurva, diketahui nilai NPSHR adalah 6 meter. Gambar pembacaan kurva dapat dilihat di Gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Kurva NPSHR Pompa KSB FGD

3.2 Perhitungan NPSHA

Besaran nilai NPSH yang tersedia (NPSHA) dihitung dengan melihat terlebih dahulu besaran nilai tekanan uap air sesuai temperatur pada tangki dan tekanan pada permukaan air tangki *suction*. Dikarenakan tangki tidak vakum sehingga tekanan permukaan air sama dengan tekanan atmosfer.

$$\begin{aligned}
 P_a &= 101325 \text{ N/m}^2 \\
 P_{vp} &= 4813.91 \text{ N/m}^2 \\
 NPSHA &= \frac{p_a}{\rho g} - h - H_{Lsuc} - \frac{P_{vp}}{\rho g} \\
 NPSHA &= \frac{101325}{1025 \times 9,81} - 5 - 2.267 - \frac{4813.91}{1025 \times 9.81} \\
 NPSHA &= 5.3 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Jadi, Nilai NPSH yang tersedia adalah sebesar 5.3 meter. Mengacu pada nilai NPSHR dari *manual book* pompa yaitu sebesar 6 meter. Maka, nilai $NPSHA < NPSHR$ sehingga pompa mengalami kavitasi dan perlu untuk melakukan modifikasi sistem perpipaan pompa sentrifugal untuk menghindarkan pompa dari kavitasi.

3.3 Modifikasi Sistem Perpipaan

Terdapat beberapa cara untuk mengatasi kavitasi yang terjadi pada pompa sentrifugal KSB tipe FGD dengan cara menaikkan nilai NPSHA sehingga lebih besar daripada NPSHR, yaitu :

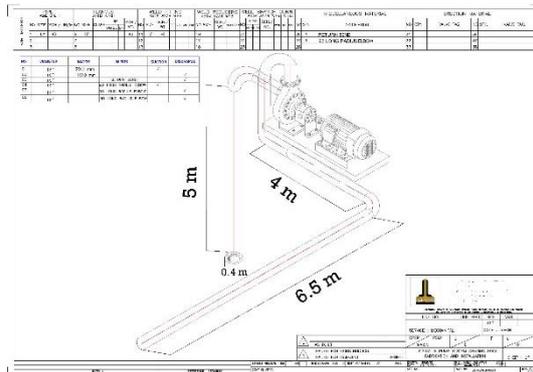
1. Ketinggian letak pompa terhadap permukaan zat cair yang dihisap harus dibuat serendah mungkin agar head isap statis menjadi rendah juga
2. Pipa isap harus dibuat sependek mungkin. Jika terpaksa dipakai pipa isap yang panjang, sebaiknya diambil pipa yang berdiameter satu nomor lebih besar untuk mengurangi kerugian gesek.
3. Sama sekali tidak dibenarkan untuk memperkecil laju aliran dengan menghambat aliran di sisi isap
4. Jika pompa mempunyai head total yang berlebihan, maka pompa akan bekerja dengan kapasitas aliran yang berlebihan pula, sehingga

kemungkinan akan terjadi kavitasi menjadi lebih besar. Karena itu head total pompa harus ditentukan sedemikian hingga sesuai yang diperlukan pada kondisi operasi yang sesungguhnya.

Kondisi *static suction lift* pada desain lama menjadi penyebab utama terjadinya kavitasi pada pompa sentrifugal *graving dock* dikarenakan menyebabkan tekanan di dalam pipa lebih rendah daripada tekanan uap jenuhnya.

Tetapi, dikarenakan tangki hisapnya berupa *graving dock*. Maka, perubahan letak ketinggian pompa sangat minim sesuai pipa *suction* yang diperpendek. Sehingga, modifikasi sistem perpipaan dilakukan dengan mengurangi panjang sisi isap pipa yang semula 6 m menjadi 5 m dengan letak pompa yang juga ikut diturunkan agar pipa *suction* dapat menjangkau hingga permukaan air paling bawah *graving dock* dan diameter pipa yang diperbesar menjadi 0.4 m. Hal ini dilakukan, agar mengurangi koefisien kerugian gesek dan menghindari tekanan yang terlalu rendah.

Desain sistem perpipaan pompa sentrifugal yang telah dimodifikasi dapat dilihat di Gambar 4 sebagai berikut.



Gambar 4. Desain Baru Sistem Pompa Graving Dock

Mengacu pada desain yang telah dimodifikasi, maka dilakukan perhitungan ulang untuk mengetahui laju aliran, nilai Reynolds, koefisien kerugian gesek, dan *major losses* serta *minor losses* yang baru sesuai sistem yang telah dimodifikasi. Perhitungan dilakukan agar bisa mengetahui nilai besaran NPSHA dan mengidentifikasi apakah modifikasi sistem perpipaan yang baru telah mencegah pompa sentrifugal dari kavitasi atau tidak. Hasil perhitungan dapat dilihat di Tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Desain Baru

Variabel	Nilai
Debit Pompa	450 m ³ /h
Laju Aliran	0.995 m/s
Nilai Reynolds	5.19 x 10 ⁵

<i>Friction Losses</i>	0.00375
<i>Head Losses</i>	2.3 m

3.4 Perhitungan Ulang NPSHA

Setelah dilakukan perhitungan ulang pada sistem perpipaan yang telah dimodifikasi. Maka, dilakukan perhitungan ulang NPSHA yang diharapkan bisa melebihi nilai NPSHR yang sudah didapatkan dari *manual book* pompa sehingga pompa terhindar dari kavitasi.

$$P_a = 101325 \text{ N/m}^2$$

$$P_{vp} = 4813.91 \text{ N/m}^2$$

$$NPSHA = \frac{p_a}{\rho g} - h - H_{Lsuc} - \frac{P_{vp}}{\rho g}$$

$$NPSHA = \frac{101325}{1025 \times 9.81} - 4 - 2.3 - \frac{4813.91}{1025 \times 9.81}$$

$$NPSHA = 6.7 \text{ m}$$

Jadi, Nilai NPSH yang tersedia adalah sebesar 6.7 meter. Mengacu pada nilai NPSHR dari *manual book* pompa yaitu sebesar 6 meter. Maka, nilai NPSHA < NPSHR sehingga pompa mengalami kavitasi dan perlu untuk melakukan modifikasi sistem perpipaan pompa sentrifugal untuk menghindarkan pompa dari kavitasi.

Tabel 3. Hasil Perbandingan NPSHA Desain Lama dan Baru

Desain Sistem Perpipaan	Nilai NPSHA (m)	Nilai NPSHR (m)	Keadaan
Desain Lama	5.3	6	Kavitasi
Desain Baru	6.7	6	Tidak Kavitasi

4. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan, didapatkan hasil pada desain sistem perpipaan lama, pompa sentrifugal mengalami kavitasi dikarenakan nilai NPSHA < NPSHR yaitu 5.3 m dari NPSHR sebesar 6 m. Dilakukan modifikasi desain sistem perpipaan pada pompa sentrifugal di *graving dock* untuk mengatasi kavitasi yaitu dengan memperpendek panjang pipa *suction* pipa yang semula 6 meter menjadi 5 meter dengan ketinggian letak pompa yang diturunkan 1 meter agar pipa *suction* mampu mencapai dasar permukaan air *graving dock* serta diameter pipa yang semula 0.3 meter diperbesar menjadi 0.4 meter. Pada desain sistem perpipaan baru, nilai NPSHA sebesar 6.7 meter sehingga NPSHA > NPSHR dan pompa terhindar dari kavitasi.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah membantu dalam pembuatan penelitian ini. Pihak yang dimaksud adalah :

1. Keluarga kecil penulis yaitu kedua orang tua dan kedua adik yang telah memberikan dukungan materi, motivasi, kasih sayang, doa,

- dan jalan hidup yang tidak pernah usai bagi penulis.
2. Ibu Ir. Emie Santoso, MT. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah berkenan dengan sabar mengajari dan membimbing penulis.
 3. Seluruh pembimbing, mekanik, dan teman seperjuangan OJT di PT. Dumas *Tanjung Perak Shipyard* yang telah memberikan banyak ilmu dan membantu dalam penyelesaian penelitian ini.
 4. Keluarga besar D3 Teknik Permesinan Kapal 2020 yang telah kebersamai penulis dalam suka dan duka dan memberikan motivasi dan semangat dalam menyelesaikan penelitian ini.

7. PUSTAKA

- [1] Hendrawan, A. (2022) Penyebab Kavitasasi pada Pompa Sentrifugal pada Kapal. at: <http://ejournal.stipjakarta.ac.id>.
- [2] Sularso and Tahara, H. (2000) Pompa & Kompresor : Pemilihan, Pemakaian, dan Pemeliharaan.
- [3] Moballa, B., Poernomo, H. and Ariwiyono, N. (2018) Modul Ajar Mesin Fluida (Teori).
- [4] White, F.M. (1986) *Fluid Mechanics, Second Edition*. Erlangga.