

PENGARUH TEKANAN DIFERENSIAL PADA SUCTION STRAINER TERHADAP POTENSI KAVITASI WATER INJECTION TRANSFER PUMP DI LAPANGAN GAS JTB PT PERTAMINA EP CEPU

Mariana Ambarwati^a, Hendri Suryanto^{a*}

^a)Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe, JL. Kampus Ronggolawe Blok B No. 1 Mentul, Cepu, Blora

*Email: hendrie_s@yahoo.com

Tentang naskah:

- diterima, 14 Nov 2025
- direview, 30 Des 2025
- diterbitkan, 31 Des 2025

Kata kunci:

Kavitasi, Tekanan
Diferensial, *Suction
Strainer*

Intisari

Fenomena kavitasi pada pompa sentrifugal merupakan salah satu penyebab utama penurunan kinerja dan kerusakan komponen pompa. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh tekanan diferensial (ΔP) pada suction strainer terhadap nilai Net Positive Suction Head Available (NPSHa) dan potensi kavitasi pada Water Injection Transfer Pump di Lapangan Gas Jambaran Tiung Biru PT Pertamina EP Cepu. Metode penelitian meliputi studi literatur, pengumpulan data lapangan, pengujian dengan variasi tekanan diferensial (0–10 psi), perhitungan NPSHa, serta perbandingan dengan nilai Net Positive Suction Head Required (NPSHr) pompa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan ΔP menyebabkan penurunan tekanan hisap dan NPSHa yang signifikan, dari 46,91 ft pada $\Delta P = 0$ psi menjadi 3,96 ft pada $\Delta P = 10$ psi. Kondisi aman operasi pompa tercapai ketika $\Delta P \leq 8$ psi ($NPSHa > NPSHr = 4,9$ ft), sedangkan $\Delta P \geq 9$ psi menunjukkan potensi kavitasi. Hasil ini sesuai dengan teori Elsey (2022) yang menegaskan bahwa kehilangan tekanan di sisi hisap menurunkan NPSHa dan meningkatkan risiko kavitasi. Dengan demikian, pemantauan tekanan diferensial dan pembersihan rutin suction strainer menjadi langkah penting untuk menjaga keandalan operasi pompa dan mencegah kavitasi.

Abstract

Cavitation in centrifugal pumps is one of the main causes of performance degradation and component damage. This study aims to analyze the effect of differential pressure (ΔP) on the suction strainer toward the Net Positive Suction Head Available (NPSHa) and cavitation potential in the Water Injection Transfer Pump at Jambaran Tiung Biru Field PT Pertamina EP Cepu. The research method includes literature review, field data collection, testing with various differential pressures (0–10 psi), NPSHa calculation, and comparison with the pump's Net Positive Suction Head Required (NPSHr). Results show that increasing ΔP causes a significant decrease in suction pressure and NPSHa, from 46.91 ft at $\Delta P = 0$ psi to 3.96 ft at $\Delta P = 10$ psi. The safe operating condition occurs at $\Delta P \leq 8$ psi ($NPSHa > NPSHr = 4.9$ ft), while $\Delta P \geq 9$ psi indicates cavitation potential. These findings align with Elsey's (2022) concept that suction-side pressure losses reduce NPSHa and increase cavitation risk. Therefore, continuous monitoring of differential pressure and regular cleaning of suction strainers are essential preventive measures to maintain pump reliability and avoid cavitation damage.

Keyword:

Cavitation, Differential
Pressure, Suction Strainer

1. Pendahuluan

Industri minyak dan gas modern menuntut sistem operasi yang tidak hanya berorientasi pada produksi tetapi juga keberlanjutan lingkungan. Salah satu bentuk penerapannya ialah pemanfaatan kembali air buangan hasil proses industri melalui sistem water injection. Sistem ini bekerja dengan mengolah air limbah agar dapat dipompa kembali ke reservoir untuk menjaga tekanan sumur dan mendukung efisiensi produksi. Komponen utama sistem tersebut ialah Water Injection Transfer Pump yang berfungsi memindahkan air dari kolam limbah menuju fasilitas injeksi. Keandalan pompa ini penting karena keterbatasan

kapasitas kolam limbah dapat menimbulkan risiko limpasan (overflow) yang berdampak pada pencemaran lingkungan dan pelanggaran regulasi. Kondisi tersebut menjadi perhatian utama terutama saat curah hujan tinggi, ketika volume air meningkat secara signifikan.

Gangguan pada Water Injection Transfer Pump dapat memicu gangguan operasi skala besar. Salah satu penyebab utamanya ialah kavitasi, yaitu terbentuknya gelembung uap akibat tekanan fluida di sisi hisap turun di bawah tekanan uap jenuhnya. Gelembung tersebut pecah di area bertekanan tinggi dan menimbulkan erosi, getaran, serta penurunan efisiensi pompa. Salah satu penyebab penurunan tekanan di sisi hisap

ialah meningkatnya tekanan diferensial (ΔP) pada suction strainer. Strainer berfungsi menyaring partikel padat sebelum fluida masuk ke pompa, namun penyumbatan yang terjadi akibat akumulasi kotoran dapat meningkatkan pressure drop yang menurunkan nilai Net Positive Suction Head available (NPSHa). Kondisi ini memperbesar kemungkinan terjadinya kavitasi.

Fenomena tekanan diferensial tinggi pada suction strainer sering diabaikan dalam operasi harian karena dianggap bagian minor dari sistem, padahal efeknya signifikan terhadap kestabilan tekanan hisap dan keandalan pompa. Nilai ΔP yang meningkat berbanding terbalik dengan NPSHa, sehingga pemantauan tekanan diferensial menjadi salah satu cara mendeteksi dini risiko kavitasi. Selain itu, perawatan dan pembersihan rutin pada strainer berperan penting untuk menjaga tekanan hisap tetap stabil dan mencegah penurunan efisiensi sistem pompa.

Sejumlah penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa desain strainer dan kondisi operasionalnya berpengaruh langsung terhadap performa sistem perpipaan. Rifan Rianto et al. (2025) menemukan bahwa strainer tipe staggered menghasilkan tekanan diferensial lebih rendah dibanding tipe straight, sehingga dinilai lebih efisien. Rahman et al. (2023) melaporkan penurunan debit dan efisiensi pompa pendingin kapal akibat sumbatan pada sea chest strainer dan ketidaklurusan poros. Petrus Cantona et al. (2019) menunjukkan pompa beroperasi aman selama nilai NPSHa lebih besar dari NPSHr, sedangkan Alamsyah dan Permata Ningtyas (2024) menemukan kavitasi pada pompa slurry akibat NPSHa lebih kecil dari NPSHr. Hasil tersebut memperlihatkan bahwa perbedaan tekanan di sisi hisap memiliki peran penting terhadap kestabilan operasi dan umur teknis pompa.

Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh tekanan diferensial pada suction strainer terhadap nilai NPSHa serta menilai sejauh mana peningkatan ΔP dapat memperbesar potensi kavitasi pada Water Injection Transfer Pump. Hasil analisis diharapkan mampu memberikan acuan teknis untuk kegiatan pemeliharaan preventif serta mendukung keandalan sistem air injeksi agar operasi produksi tetap stabil tanpa risiko pencemaran lingkungan.

2. Kerangka Teori

2.1 Penelitian Terdahulu

Rifan Rianto et al. (2025) meneliti pengaruh variasi sudut lubang, tipe lubang, dan open area ratio pada strainer terhadap penurunan tekanan menggunakan metode simulasi CFD. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tipe staggered menghasilkan ΔP lebih rendah dibanding tipe straight, khususnya pada pipa berdiameter besar. Temuan tersebut menegaskan pentingnya desain geometri strainer terhadap efisiensi sistem perpipaan. Rahman et al. (2023) meneliti penurunan kinerja pompa air laut di kapal KM Surya Pioneer dan menemukan bahwa penyumbatan pada sea chest strainer serta kebocoran seal menyebabkan penurunan debit, head, dan efisiensi secara signifikan. Petrus Cantona et al. (2019) menghitung head loss dan NPSHa pada pompa produksi beton dan menunjukkan bahwa seluruh pompa beroperasi stabil karena NPSHa masih lebih besar daripada NPSHr. Berbeda dengan itu, Alamsyah dan Permata Ningtyas (2024) menemukan terjadinya kavitasi pada pompa slurry akibat kekurangan cairan dan udara masuk ke sistem yang menyebabkan NPSHa lebih kecil dari NPSHr. Secara keseluruhan, hasil penelitian terdahulu memperkuat hipotesis bahwa tekanan diferensial tinggi di sisi hisap meningkatkan risiko kavitasi serta memperpendek umur komponen pompa.

2.2 Dasar Teori

Pompa adalah sebuah perangkat mekanis yang berfungsi untuk mengalirkan zat fluida (berupa cairan atau campuran antara cairan dan gas) dari suatu lokasi ke lokasi yang berbeda dengan meningkatkan tekanannya. Mekanisme ini bekerja dengan mentransfer energi mekanis dari sumber daya (seperti motor listrik, mesin diesel, atau turbin) ke fluida yang sedang dipompa.

Menurut pendapat Sularso & Tahara (2000), pompa merupakan sebuah mesin fluida yang mengubah energi mekanis dari poros menjadi energi tekanan pada fluida melalui kinerja impeler atau melalui mekanisme pemindahan volume.

2.2.1 Kavitasi

Kavitasi adalah terbentuknya gelembung uap pada aliran fluida akibat tekanan lokal turun hingga sama dengan atau lebih rendah dari tekanan uap jenuhnya (*vapor pressure*) fluida sistem. Gelembung uap ini akan bergerak bersama aliran fluida dan pecah ketika mencapai daerah bertekanan lebih tinggi. Proses pecahnya gelembung uap menghasilkan energi kejut yang dapat merusak permukaan logam pada komponen pompa (Karassik et al., 2001).

2.2.2 Suction Strainer

Suction strainer adalah alat yang digunakan untuk menyaring partikel padat, kotoran, atau benda asing ke dalam pompa. *Strainer* umumnya dipasang pada jalur hisap (*suction line*). Fungsi utamanya adalah, mencegah kerusakan *impeller* akibat partikel padat atau kotoran, mengurangi risiko penyumbatan pada saluran fluida dalam pompa, menjaga keandalan operasi pompa dalam jangka panjang (Karassik dkk. 2001).

Namun, *strainer* juga memiliki efek negatif berupa penambahan *head loss* pada sisi hisap pompa. Jika *strainer* kotor atau tersumbat, tekanan diferensial pada *strainer* akan meningkat, sehingga nilai *Net Positive Suction Head available* (NPSHa) turun dan berpotensi menimbulkan kavitasi apabila nilai NPSHa turun hingga di bawah nilai *Net Positive Suction Head required* NPSHr (Sudirman, 2018).

2.2.3 Tekanan Diferensial pada Suction Strainer

Perbedaan tekanan (ΔP \Delta P) adalah perbedaan tekanan antara sisi *upstream* dan sisi *downstream strainer*. Nilai ini menjadi indikator utama kondisi *strainer*. Besar kecilnya Tekanan Diferensial dipengaruhi oleh (1) laju aliran fluida, (2) ukuran *mesh*, (3) kebersihan *strainer*, (4) sifat fisik fluida, dan (5) desain dan geometri *strainer*. Untuk mengukur perbedaan tekanan menggunakan instrument *Pressure Differential Transmitter* (PDT)

2.2.4 Net Positive Suction Head (NPSH)

Net Positive Suction Head (NPSH) adalah salah satu parameter yang sangat penting untuk menentukan kondisi operasi pompa berada pada keadaan aman sehingga dapat terhindar dari kavitasi.

NPSH dibagi menjadi dua yakni NPSHa (*Net Positive Suction Head Available*) dan NPSHr (*Net Positive Suction Head Required*)

2.2.5 Pompa

Pompa merupakan alat mekanis yang mengubah energi mekanik menjadi energi tekanan fluida dengan menggunakan impeler berputar (Sularso dan Tahara, 2000). Pompa diklasifikasikan menjadi dua kategori besar, yaitu *positive displacement pump* dan *dynamic pump*. Pompa *positive displacement* bekerja dengan memindahkan volume fluida tetap pada setiap siklus kerja, sedangkan pompa dinamik meningkatkan energi kinetik

fluida melalui rotasi impeler yang kemudian diubah menjadi tekanan (Cengel dan Cimbala, 2014). Pompa sentrifugal termasuk jenis pompa dinamik yang paling umum dipakai di industri karena mampu memberikan aliran kontinu, memiliki desain sederhana, serta efisien untuk fluida dengan viskositas rendah (Stepanoff, 1993).

Komponen utama pompa sentrifugal meliputi impeler, casing, poros, bearing, dan *mechanical seal*. Impeler berfungsi mengubah energi mekanik dari motor menjadi energi kinetik fluida, casing bertugas mengarahkan fluida dan meningkatkan tekanannya, sedangkan *mechanical seal* mencegah kebocoran sepanjang poros pompa (Karassik et al., 2001). Kinerja pompa sangat dipengaruhi kondisi sisi hisap, terutama keberadaan *suction strainer*. *Strainer* digunakan untuk mencegah partikel padat masuk ke pompa, tetapi penyumbatan dapat menimbulkan tekanan diferensial (ΔP) yang tinggi dan meningkatkan *head loss* di sisi hisap, sehingga nilai NPSHa menurun (Sudirman, 2018).

Tekanan diferensial pada *strainer* dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti laju aliran, ukuran *mesh*, kebersihan filter, sifat fisik fluida, serta desain geometrinya (Gülich, 2010). Alat ukur yang umum digunakan untuk memantau ΔP ialah *Pressure Differential Transmitter* (PDT) yang bekerja dengan dua port tekanan, *high pressure* (HP) dan *low pressure* (LP), serta menggunakan persamaan

$$\Delta P = P_{HP} - P_{LP} \text{ (ISA, 2012).} \quad (2.1)$$

Dimana :

ΔP = *Delta Pressure*

P_{HP} = *High Pressure*

P_{LP} = *Low Pressure*

Nilai ΔP kemudian dikonversi menjadi *head loss* dengan persamaan

$$H_f = (\Delta P \times 2,31) / SG \quad (2.2)$$

Dimana :

H_f = *Head friction* (Ft)

ΔP = Perbedaan Tekanan (Psi)

2,31 = angka konversi Psi ke Ft

SG = *Specific Gravity* Fluida

Semakin tinggi nilai ΔP , semakin besar rugi tekanan pada sisi hisap pompa.

Kavitasi terjadi ketika tekanan fluida turun hingga mendekati tekanan uap jenuh, menyebabkan terbentuknya gelembung uap yang pecah di daerah bertekanan tinggi. Energi kejut akibat proses tersebut menimbulkan erosi pada impeller, getaran,

dan kebisingan (Karassik et al., 2001). Fenomena ini dijelaskan menggunakan prinsip Bernoulli, yaitu :

$$P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh = \text{konstanta} \quad (2.3)$$

Dimana :

P = Tekanan statis
 ρ (rho) = masa jenis fluida
 v = keceoatan aliran fluida
 g = percepatan gravitasi
 h = ketinggian posisi fluida

Konstanta = total energi per satuan volume

Persamaan tersebut menggambarkan keseimbangan energi tekanan, kinetik, dan potensial pada fluida. Parameter penting yang menentukan munculnya kavitasasi ialah *Net Positive Suction Head* (NPSH). NPSHa ditentukan oleh tekanan absolut di sisi hisap, tekanan uap jenuh, head statis, dan rugi tekanan akibat pipa serta strainer. Hubungan antara ΔP dan NPSHa dapat dinyatakan melalui persamaan berikut :

$$\text{NPSHa} = h_a - h_{vpa} \pm Z_{st} - h_{f(\text{pipa})} - h_{f(\text{strainer})}. \quad (2.4)$$

Dimana :

NPSHa = *Net Positive Suction Head available* (ft)

H_a = Tekanan *Absolute* (ft)

h_{vpa} = Tekanan Uap Fluida

Z_{st} = ketinggian fluida (ft)

(+) jika posisi pompa di bawah fluida

(-) jika posisi pompa diatas fluida

$h_f(\text{Pipa})$ = *Head loss* pipa (ft)

$h_f(\text{valve})$ = *Head loss valve*

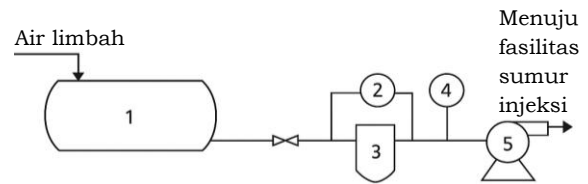
$h_f \text{ strainer}$ = *Head loss strainer* (ft)

Ketika $\text{NPSHa} \geq \text{NPSHr}$, pompa beroperasi dengan aman, sedangkan $\text{NPSHa} < \text{NPSHr}$ menandakan risiko kavitasasi meningkat (Gülich, 2010). Pemantauan NPSH dan tekanan diferensial menjadi langkah penting untuk menjaga performa sistem air injeksi dan mencegah kegagalan mekanis.

3. Metodologi

Penelitian ini dirancang untuk menganalisis pengaruh tekanan diferensial pada suction strainer terhadap nilai *Net Positive Suction Head available* (NPSHa) dan potensi terjadinya kavitasasi pada *Water Injection Transfer Pump* di Lapangan Gas Jambaran Tiung Biru (JTB) PT Pertamina EP Cepu. Pendekatan yang digunakan adalah metode eksperimen lapangan dengan pengambilan data langsung pada sistem air

injeksi. Data yang dikumpulkan berupa tekanan pada sisi hisap dan keluar pompa, tekanan diferensial pada suction strainer, serta debit aliran air limbah.



Gambar 1 Instalasi *Water Injection Transfer Pump*

Keterangan:

1. *Neutralizing Backwash Drum*
2. *Pressure Differential Transmitter*
3. *Suction Strainer*
4. *Pressure Gauge*
5. *Water Injection Transfer Pump*

Pendekatan yang digunakan adalah metode eksperimen lapangan dengan pengambilan data langsung pada sistem air injeksi. Data yang dikumpulkan berupa tekanan pada sisi hisap dan keluar pompa, tekanan diferensial pada suction strainer, serta debit aliran air limbah. Proses penelitian dimulai dengan penyusunan rancangan sistem dan alur penelitian, dilanjutkan dengan pengambilan data tekanan diferensial, perhitungan *head loss*, serta evaluasi nilai NPSHa dan perbandingannya dengan NPSHr yang direkomendasikan oleh pabrik pompa.

Selain itu, dilakukan pengamatan terhadap instalasi sistem water injection untuk memahami kondisi aktual di lapangan. Sistem tersebut terdiri atas beberapa komponen utama: *Buffer Drum*, *Water Injection Transfer Pump*, *Suction Strainer*, *Pressure Differential Transmitter*, dan *Pressure Gauge*. Komponen-komponen ini bekerja secara terintegrasi untuk memastikan proses penginjeksian air ke reservoir berlangsung stabil dan aman.

Penelitian menggunakan bahan utama berupa air limbah pabrik minyak dan gas yang telah melalui proses *treatment*. Fluida ini dipilih karena merepresentasikan kondisi aktual sistem air injeksi pada industri migas. Alat dalam penelitian ini terdiri atas:

1. *Neutralizing Backwash Drum* – bejana bertekanan atmosferik yang menampung sementara air limbah hasil filtrasi sebelum dipompa ke sumur injeksi.
2. *Pressure Differential Transmitter* (PDT) – alat untuk mengukur perbedaan tekanan antara sisi *upstream* dan *downstream* pada suction strainer.

3. Suction Strainer – penyaring partikel padat yang mencegah masuknya kotoran ke dalam pompa.
4. Pressure Gauge – pengukur tekanan pada sisi hisap pompa.
5. Water Injection Transfer Pump – pompa sentrifugal yang mentransfer air hasil olahan ke sistem injeksi.

Berikut adalah beberapa contoh alat yang digunakan:

1. *Neutralizing Backwash Drum*



Gambar 2 *Neutralizing Backwash Drum*

Tabel 1 Spesifikasi *Neutralizing Backwash Drum*

Ukuran	3,2m x 12m
Kapasitas	105m ³
Suhu Desain	175°F

2. *Pressure Differentiation Transmitter*



Gambar 3 Indikator Tekanan Diferensial *Suction Strainer*

Tabel 2 Spesifikasi Indikator Tekanan Diferensial *Suction Strainer*

Fase Fluida	Cair
Instrument range	-14,4 psi sampai 14,4 psi
Output signal	4-20 mA, HART
Suhu operasi	71°F sampai 109°F

3. *Suction Strainer*



Gambar 4 *Suction Strainer*

Tabel 3 Spesifikasi *Strainer*

Suhu operasi	104 F
Tekanan operasi	-0,6 psi
Ukuran	6"
Rating	150
Ukuran Mesh	40
Diameter kawat mesh	0,25 mm

4. *Pressure Gauge Suction Pompa*



Gambar 5 *Pressure Gauge suction pompa*

Tabel 4 Spesifikasi *Pressure Gauge suction pompa*

Fase Fluida	Cair
Desain Tekanan	-15 psi sampai 50 psi
Desain Suhu	0-100°F
Ukuran Dial	4,5 inchi
Bahan Dial	Aluminium
Akurasi	± 0,5%

5. *Water Injection Transfer Pump*



Gambar 6 *Water Injection Transfer Pump Skid*

Tabel 5 Spesifikasi *Water Injection Transfer Pump*

Flow	190 gpm
NPSHr	4.9 ft
Suction Pressure	-0.7
Discharge Pressure	190 psig
Efisiensi	49,8%
Speed	2962 rpm
Power	45 kW

Headloss (Pressure drop) Pipa 2m	0,14 psi
Headloss (Pressure drop) sistem Strainer	0,7 psi
Headloss (Pressure drop) gate valve	0,17 psi

Tabel 6 Kondisi Operasi Fluida

Temperatur	122 degF
SG	0,996
Ketinggian Fluida sampai poros pompa	2500mm atau 8,2 ft
Vapor pressure	1,06 Psi

Data spesifikasi ini meliputi kapasitas aliran, tekanan kerja, suhu operasi, ukuran mesh strainer, serta karakteristik fluida seperti *specific gravity* dan tekanan uap jenuh. Parameter-parameter tersebut diperlukan untuk menghitung NPSHa secara akurat.

Kondisi operasi fluida yang digunakan pada sistem air injeksi meliputi temperatur 122°F, *specific gravity* 0,996, dan tekanan uap 1,06 psi. Ketinggian fluida terhadap poros pompa sebesar 8,2 ft.

Variabel utama yang diuji adalah tekanan diferensial (ΔP) pada suction strainer, dengan variasi dari 0 psi hingga 10 psi. Nilai ΔP tersebut dikonversi menjadi rugi tekanan (*head loss*) menggunakan persamaan (2.2), yaitu :

$$H_f = (\Delta P \times 2,31)/SG$$

Hasil konversi digunakan dalam perhitungan NPSHa yang dihitung menggunakan persamaan (2.4), yaitu :

$$NPSHa = h_a - h_{vpa} \pm Z_{st} - h_{f(pipa)} - h_{f(strainer)}$$

Sesuai dengan tujuan penelitian kali ini, yakni mengetahui pengaruh tekanan diferensial terhadap potensi kavitasi pada *Water Injection Transfer Pump*, maka variasi yang diteliti adalah variasi tekanan diferensial pada *suction Strainer*.

Langkah pengujian sebagai berikut:

1. Melakukan *line up valve* sesuai prosedur pengoperasian Sistem Air Injeksi
2. Menyalakan *Water Injection Transfer Pump*
3. Melakukan pengamatan pada kondisi pompa, tekanan diferensial suction strainer, tekanan hisap pompa, tekanan keluaran pompa, flowrate keluaran pompa.
4. Setelah kondisi pompa aman, melakukan perubahan variable parameter data sesuai dengan variasi percobaan.
5. Melakukan pencatatan data setelah melakukan beberapa variable parameter data percobaan pada pompa, pada setiap variasi variable ΔP , diambil 3 data dengan jarak masing masing 30 menit.

6. Menghitung *Head Loss strainer* dengan cara mengkonversi nilai ΔP (psig) ke ft.
7. Menghitung NPSHa
8. Membandingkan nilai NPSHa dengan NPSHr

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil Penelitian

Setelah melalui berapa proses, khususnya dari perumusan permasalahan sampai dengan analisis data. Maka telah dilaksanakan pengujian mengenai variasi kondisi pada *suction strainer* pada *Water Injection Transfer Pump*, sehingga didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 7 Data Hasil Penelitian

ΔP Strainer (psi)	Suction Pressure (psi)	Rata-Rata (psi)
0	4,2	4,06
	4	
	4	
1	4	3,86
	3,8	
	3,8	
2	3,6	3,4
	3,4	
	3,2	
3	3	2,46
	2,4	
	2	
4	1,6	1,33
	1,4	
	1	
5	0,6	0,26
	0,2	
	0	
6	-0,2	-0,6
	-0,6	
	-1	
7	-1,2	-1,6
	-1,8	
	-2	
8	-2	-2,5
	-2,6	
	-3	
9	-3	-3,4
	-3,4	
	-3,8	
10	-4	-4,46
	-4,4	
	-5	

Hasil perolehan data pada tabel di atas, dapat digunakan untuk menghitung *head loss strainer* dengan cara mengkonversi nilai ΔP (psig) ke ft dengan persamaan (2.2) sebagai berikut:

$$H_f \text{ (ft)} = \frac{\Delta P \text{ (psi)} \times 2,31}{SG}$$

Kemudian nilai *head loss strainer (ft)* akan digunakan untuk menghitung NPSHa yang akan digunakan untuk menganalisa potensi kavitasi pada *Water Injection Transfer Pump*.

Perhitungan NPSHa dapat dihitung dengan persamaan (2.4), sebagai berikut:

$$NPSHa = h_a - h_{vpa} + Z_{st} - (h_f \text{ pipa} + h_f \text{ (valve)} + h_f \text{ strainer})$$

Kemudian nilai nilai yang telah diketahui dalam satuan psi akan dikonversi menjadi ft menggunakan rumus (2.2). Sehingga didapatkan penyederhanaan rumus yaitu,

$$\begin{aligned} NPSHa &= h_a - h_{vpa} + Z_{fluida} - (h_f \text{ pipa} + h_f \text{ valve} + h_f \text{ strainer}) \\ &= \frac{(P \text{ suction (psig)} + 14,7) \times 2,31}{SG} - \frac{P \text{ vapour (psi)} \times 2,31}{SG} + Z(\text{ft}) - \frac{(h_f \text{ strainer} + h_f \text{ pipa} + h_f \text{ valve}) \times 2,31}{SG} \\ &= \frac{(P \text{ suction (psig)} + 14,7) \times 2,31}{0,996} - \frac{1,06 \text{ (psi)} \times 2,31}{0,996} + 8,2 \text{ ft} - \frac{(\Delta P \text{ strainer (psi)} + 0,7 + 0,14 + 0,17) \times 2,31}{0,996} \\ &= \frac{(P \text{ suction (psi)} + 14,7) \times 2,31}{0,996} - 2,45 \text{ ft} + 8,2 \text{ ft} - \frac{(\Delta P \text{ strainer (psi)} + 1,01) \times 2,31}{0,996} \end{aligned}$$

Rumus tersebut akan digunakan untuk menghitung nilai NPSHa dengan cara substitusi nilai tekanan *suction* pompa dalam satuan Psi dan nilai ΔP *strainer* dalam satuan psi. Berikut adalah contoh perhitungan NPSHa pompa ketika ΔP *strainer* bernilai 0 psi, atau dalam kondisi bersih.

Contoh perhitungan ketika ΔP *Strainer* di 0 psi seperti berikut ini.

$$NPSHa = \frac{(P \text{ suction (psi)} + 14,7) \times 2,31}{0,996} - 2,45 \text{ ft} + 8,2 \text{ ft} - \frac{(\Delta P \text{ strainer (psi)} + 1,01) \times 2,31}{0,996}$$

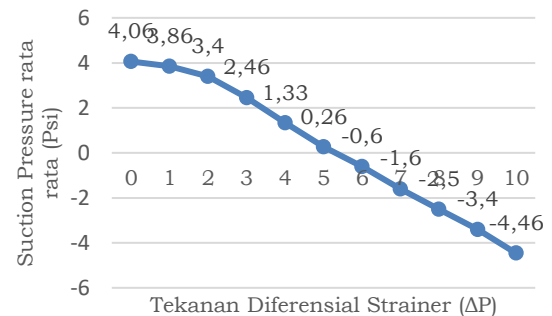
$$NPSHa = \frac{(4,06 \text{ (psi)} + 14,7) \times 2,31}{0,996} - 2,45 \text{ ft} + 8,2 \text{ ft} - \frac{(0 \text{ psi} + 1,01) \times 2,31}{0,996}$$

$$NPSHa = 46,91 \text{ ft}$$

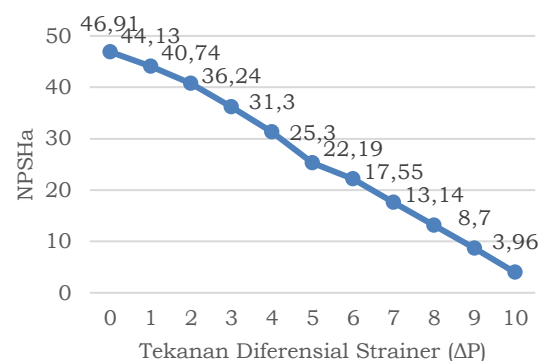
Tabel 8 Data Hasil Perhitungan

Suction Pressure			
ΔP (psi)	rata rata (psi)	NPSHa (ft)	NPSHr (ft)
0	4,06	46,91	4,9
1	3,86	44,13	4,9
2	3,4	40,74	4,9
3	2,46	36,24	4,9
4	1,33	31,30	4,9
5	0,26	25,30	4,9
6	-0,6	22,19	4,9
7	-1,6	17,55	4,9
8	-2,5	13,14	4,9
9	-3,4	8,7	4,9
10	-4,46	3,96	4,9

Dari perhitungan NPSHa, kemudian nilai NPSHa pompa akan dibandingkan dengan nilai NPSHr *Water Injection Transfer Pump* yaitu 4,9 ft.



Gambar 7 Grafik ΔP vs *Suction Pressure*



Gambar 8 Grafik ΔP vs NPSHa

4.2 Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian terhadap variasi tekanan diferensial (ΔP) pada *suction strainer Water Injection Transfer Pump*, diperoleh hubungan yang jelas antara peningkatan ΔP dengan penurunan tekanan hisap (*suction pressure*) dan nilai *Net Positive Suction Head Available* (NPSHa). Nilai NPSHa yang diperoleh berkisar antara 44,13 ft pada kondisi $\Delta P = 0$ psi hingga 3,96 ft pada kondisi $\Delta P = 10$ psi. Sedangkan nilai NPSH required (NPSHr) dari pompa berdasarkan data pabrikan adalah 4,9 ft.

Dari hasil perbandingan tersebut terlihat bahwa pada kondisi ΔP *strainer* di bawah 8 psi, nilai NPSHa masih lebih besar dari NPSHr, sehingga pompa masih beroperasi dengan aman tanpa risiko kavitasi. Namun, ketika ΔP *strainer* mencapai 9 psi dan 10 psi, nilai NPSHa masing-masing turun menjadi 8,7 ft dan 3,96 ft. Pada $\Delta P = 10$ psi, nilai NPSHa sudah lebih rendah dari NPSHr, menandakan bahwa kavitasi berpotensi terjadi di sisi isap pompa. Fenomena ini sesuai dengan teori bahwa kavitasi akan muncul apabila tekanan aktual fluida di sisi isap turun di bawah tekanan uap jenuhnya (Alamsyah & Ningtyas, 2025).

Penurunan nilai NPSHa seiring meningkatnya ΔP *strainer* disebabkan oleh bertambahnya hambatan aliran pada suction *strainer* akibat penumpukan material padat. Semakin besar penurunan tekanan (*head loss*) yang diakibatkan oleh penyumbatan, maka energi tekanan fluida yang masuk ke *impeller* semakin kecil. Akibatnya, tekanan di sisi isap mendekati tekanan uap cairan dan menimbulkan gelembung-gelembung uap (*bubble formation*). Saat gelembung ini masuk ke area bertekanan tinggi di dalam *impeller*, gelembung akan kolaps dan menghasilkan tekanan mikro yang sangat tinggi sehingga dapat menyebabkan erosi pada permukaan logam *impeller* dan getaran berlebih (Cengel & Cimbala, 2014)

Perbandingan dengan penelitian terdahulu menunjukkan hasil yang konsisten. Rifan Rianto et al (2025) membuktikan bahwa desain *strainer* sangat berpengaruh terhadap nilai ΔP ; tipe *staggered* menghasilkan *pressure drop* lebih kecil dibanding *straight*, sehingga risiko penurunan NPSHa lebih rendah. Hasil ini mendukung temuan penelitian sekarang bahwa semakin besar ΔP akibat penyumbatan, semakin tinggi potensi kavitasi.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kondisi kebersihan *suction strainer* sangat berpengaruh terhadap ketersediaan NPSHa. Untuk menjaga operasi pompa tetap aman, perlu dilakukan monitoring tekanan diferensial pada suction *strainer* secara berkala. Berdasarkan hasil data, batas aman ΔP *strainer* sebaiknya tidak melebihi 8 psi, karena di atas nilai tersebut NPSHa mendekati atau bahkan lebih kecil dari NPSHr pompa. Selain itu, penerapan jadwal pembersihan dan inspeksi rutin pada *strainer* perlu dijadikan bagian dari program *preventive maintenance* agar risiko kavitasi dan penurunan performa pompa dapat dihindari.

Secara keseluruhan, hasil ini memperkuat teori bahwa faktor hidraulik pada sisi isap pompa, seperti kondisi *strainer* dan tekanan uap cairan, memiliki pengaruh besar terhadap fenomena kavitasi. Dengan menjaga perbedaan tekanan *strainer* dalam batas aman dan memastikan nilai NPSHa selalu di atas NPSHr, maka keandalan operasi *Water Injection Transfer Pump* dapat terjaga, umur *impeller* dapat diperpanjang, serta risiko kerusakan peralatan dan gangguan terhadap kontinuitas produksi dapat diminimalkan.

Berikut adalah kondisi *strainer* ketika mengalami penyumbatan oleh partikel padat.



Gambar 9 *Strainer* tersumbat

Berikut adalah kondisi *strainer* Ketika dalam kondisi bersih dimana $\Delta P = 0$ Psi .



Gambar 10 *Strainer* kondisi bersih

5. Simpulan

Berdasarkan hasil analisis di atas, dapat disimpulkan bahwa peningkatan tekanan diferensial (ΔP) pada suction *strainer* terbukti menurunkan nilai NPSHa secara signifikan, di mana nilai NPSHa menurun dari 46,91 ft pada $\Delta P = 0$ psi menjadi 3,96 ft pada $\Delta P = 10$ psi. Kavitasi mulai berpotensi terjadi ketika $\Delta P \geq 9$ psi, saat NPSHa mendekati atau bahkan lebih kecil dari NPSHr (4,9 ft), karena tekanan di sisi hisap turun hingga mendekati tekanan uap jenuh fluida yang memicu terbentuknya gelembung uap. Pompa dapat beroperasi dengan aman tanpa risiko kavitasi ketika $\Delta P \leq 8$ psi, sebab NPSHa masih lebih besar dari NPSHr, dan batas ini menjadi acuan operasional untuk mencegah penurunan performa. Oleh karena itu, monitoring tekanan diferensial serta pembersihan rutin pada suction *strainer* perlu dijadikan bagian dari program *preventive maintenance* agar head loss di sisi hisap tidak meningkat dan pompa tetap beroperasi secara efisien.

Daftar Pustaka

- Alamsyah, M.B. & Permata Ningtyas, A.H. (2025) 'Analisa penyebab terjadinya kavitasi pada pompa sentrifugal tipe 6/4D-AH di PT ANTAM UBPE

- Pongkor', *JUSTI (Jurnal Sistem dan Teknik Industri)*, 5(3), pp. 313–320. Available at: <https://journal.umg.ac.id/index.php/justi/article/view/9831>.
- Brennen, C.E. (1995) *Cavitation and Bubble Dynamics*. Oxford: Oxford University Press.
- Cantona, P., Stevanie, S.D.M.A., Abadi, C.S. & Syujak, M. (2019) 'Analisis head loss dan kavitasi dari rangkaian pompa sentrifugal Ebara di PT. PBI', *Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta*, pp. 87–93.
- Cengel, Y.A. & Cimbala, J.M. (2014) *Fluid Mechanics: Fundamentals and Applications*. 3rd ed. New York: McGraw-Hill Education.
- Eckman, D.P. (1992) *Industrial Instrumentation*. New York: Wiley.
- Gulich, J.F. (2010) *Centrifugal Pumps*. Berlin: Springer. Available at: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-12824-2>.
- Hydraulic Institute. (2015) *ANSI/HI 9.6.1 Rotodynamic Pumps – Guideline for NPSH Margin*. Hydraulic Institute.
- International Society of Automation (ISA). (2012) *Fundamentals of Industrial Instrumentation and Process Control*. Research Triangle Park, NC: ISA Press.
- Karassik, I.J., Krutzsch, W.C., Fraser, W.H. & Messina, J.P. (2001) *Pump Handbook*. 3rd ed. New York: McGraw-Hill.
- Omega Engineering. (2010) *Pressure Measurement Handbook*. Stamford, CT: Omega Engineering. Available at: <https://www.omega.com/en-us/resources/pressure-handbook>.
- Rahman, R.I., Sarifuddin, S. & Erlinda, N. (2023) 'Analisa turunya kinerja pompa air laut pada proses pendinginan mesin induk di kapal KM Surya Pioneer', *Jurnal Cakrawala Bahari*, 6(1), pp. 1–6. Available at: <https://ejournal.unibos.ac.id/jcb/article/view/1623>.
- Rianto, R., Akhyan, A., Novison, R., Zaira, J.Y. & Haiqal, M. (2025) 'Studi numerik penurunan tekanan (ΔP) akibat perubahan sudut (θ), tipe lubang dan open ratio area (OAR) pada strainer', *Jurnal Rekayasa Energi dan Mekanika*, 5(1), p. 82. Available at: <https://ejurnal.itenas.ac.id/index.php/JREM/article/view/13878>.
- Stepanoff, A.J. (1957) *Centrifugal and Axial Flow Pumps: Theory, Design, and Application*. New York: Wiley.
- Sudirman. (2018) 'Pengaruh head loss pada pipa hisap terhadap penurunan NPSHa pompa sentrifugal', *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, 20(2), pp. 45–52.
- Sularso & Tahara, H. (2000) *Pompa dan Kompresor*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.