

STUDI EKSPERIMENTAL DETEKSI FENOMENA KAVITASI PADA POMPA DISTILASI DENGAN MENGGUNAKAN SINYAL SPEKTRUM GETARAN

Bayu Syahputra¹, Ikhwanasyah Isranuri², Syahrul Abda³, Tugiman⁴, Alfian Hamsi⁵
^{1,2,3,4,5}Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara
Jl. Almamater, Kampus USU Medan 20155
E-mail : bayu.ftmusu10@gmail.com

ABSTRAK

Kavitasi merupakan fenomena perubahan phase uap zat cair pada fluida yang mengalir. Perubahan tersebut dapat diakibatkan turunnya tekanan maupun naiknya temperatur fluida, turbulensi dan pulsasi pada pipa isap. Indikasi kavitasi adalah timbulnya gelembung-gelembung uap, getaran dan suara bising. Dampak kavitasi pada pompa adalah turunnya unjuk kerja (*performance*) dan kerusakan komponen pompa. Pada penelitian ini divariasikan perubahan kapasitas untuk mengamati sirkulasi balik didalam system (*Internal re-circulation*) yang merupakan penyebab terjadinya kavitasi. Untuk mengetahui terjadinya kavitasi parameter yang digunakan dengan mengukur perilaku getaran pompa. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan *accelerometer* DI-440 SKF dengan arah pengukuran aksial, vertikal dan horizontal pada *frekuensi domain* dan *time domain*. Hasil penelitian ini menunjukan sinyal spektrum getaran pada pompa semakin besar pada kapasitas terendah (70%) dan kapasitas tertinggi (100%) ditandai dengan semakin besarnya amplitudo. Karakteristik spektrum getaran fenomena kavitasi berada di rentang frekuensi 100.000 CPM-200.000 CPM, serta rekomendasi kapasitas pengoperasian pompa mulai rentang 0,00205 m³/s -0,002500 m³/s.

Kata Kunci : Pompa Distilasi, Kavitasi, Resirkulasi, accelerometer, Spektrum getaran

1. PENDAHULUAN

Pompa sentrifugal adalah salah satu jenis pompa yang banyak digunakan dalam dunia industri seperti *power plant*, perminyakan, pusat pengolahan, pendistribusian air dan pengolahan limbah.

Salah satu aplikasi pompa sentrifugal dalam dunia industri adalah sebagai pompa distilasi pada *desalination plant*. Instalasi ini mengolah air laut menjadi air tawar dengan proses penguapan (*evaporasi*). Pada instalasi ini, pompa berfungsi untuk memompakan cairan distilasi dari tanki distilate, dengan tekanan vakum -0.07 bar dan temperatur 35 °C, ke tanki timbun. Pompa sentrifugal yang beroperasi dengan dengan tekanan vakum dan di atas temperatur ambient ini tentu saja berpotensi mengalami gangguan yang dikenal dengan kavitasi. Kavitasi pada pompa sentrifugal akan mengakibatkan penurunan performansi secara tiba-tiba, ketidak stabilan dalam operasi pompa dan menurunkan kehandalan sistem.

Kavitasi adalah fenomena perubahan phase uap zat cair pada fluida yang mengalir. Perubahan tersebut dapat diakibatkan turunnya tekanan maupun naiknya temperatur fluida, turbulensi dan pulsasi pada pipa isap. Kavitasi pada pompa sentrifugal terutama akan terjadi pada sisi masuk sudu *impeller* pompa, baik pada sudu-sudu maupun dinding-dinding samping.

Telah banyak dilakukan penelitian dan pengujian terhadap fenomena kavitasi pada pompa sentrifugal dengan penekanan pada aspek yang berbeda, antara lain: (Hanandoko T.B.2000), penelitian ini mengkaji gejala-gejala awal yang muncul terhadap proses terjadinya kavitasi, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kavitasi yang terjadi menyebabkan suara berisik, getaran, turunnya performansi dan terjadinya kerusakan *impeller*. (Gultom D.2001) melakukan penelitian tentang pengaruh tekanan dan temperatur terhadap kavitasi. Penelitian ini menunjukkan tentang pengaruh tekanan

dan temperatur terhadap terjadinya kavitasi. (Delgosha et al . 2003) melakukan eksperimen dengan visualisasi aliran pada pompa sentrifugal yang berada dalam kondisi kavitasi dan non-kavitasi. Penelitian menunjukkan hubungan antara *head drop* dengan NPSH. Pada saat NPSH menurun maka gelembung muncul lebih jelas.

Dari penelitian-penelitian yang sudah dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu, penulis mencoba melakukan penelitian untuk menentukan kapasitas pengoperasian pompa agar terhindar dari kavitasi. Untuk mendapatkan kapasitas yang diinginkan maka dilakukan pengaturan bukaan *discharge valve*. Pengamatan dilakukan pada perubahan kapasitas serta getaran yang ditimbulkan pada pompa.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Analisa Getaran

Analisa getaran merupakan cara yang paling handal untuk mendeteksi awal gejala kerusakan mekanik, elektrik pada peralatan, sehingga analisa getaran saat ini menjadi pilihan teknologi *predictive maintenance* yang paling sering digunakan [1].

Gerak Harmonik

Getaran dari sebuah mesin merupakan resultan dari sejumlah getaran individu komponen yang muncul oleh gerak ataupun gaya pada komponen mekanikal ataupun proses pada mesin ataupun sistem yang saling terkait. Setiap komponen individu yang bergetar ini memiliki gerak periodik. Gerakan akan berulang pada periode waktu tertentu. Waktu pengulangan τ dimana getaran berulang disebut perioda osilasi biasanya diukur dalam satuan waktu yaitu detik dan kebalikannya adalah frekuensi [1].

Untuk rumus perpindahan, kecepatan dan percepatan dapat di lihat di bawah ini.

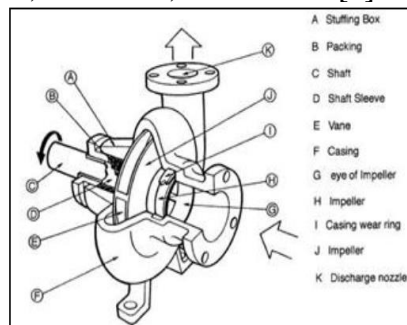
$$x = A \sin \omega t \quad (2.1)$$

$$\frac{dx}{dt} = \dot{x} = \omega A \cos \omega t \quad (2.2)$$

$$\frac{d^2}{dt^2} = \ddot{x} = -\omega^2 A \sin \omega t \quad (2.3)$$

Pompa

Pompa adalah suatu alat yang digunakan untuk memindahkan suatu fluida dari suatu tempat ke tempat lain dengan cara menaikkan tekanan cairan tersebut. Standart pompa sesuai dengan API 610, ISO 5199, DIN 24256 [2].



Gambar 2.1 Komponen Pompa Sentrifugal

Karakteristik Pompa

Menurut Bernoulli ada tiga macam energi (*head*) fluida yaitu energi tekanan, energi kinetik dan energi potensial. Hal ini dinyatakan pada persamaan (2.4) sebagai berikut [3] :

$$H = \frac{P}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} + Z \tag{2.4}$$

dimana :

H : *head* total pompa (m)

$\frac{P}{\gamma}$: *head* tekanan (m)

$\frac{v^2}{2g}$: *head* kecepatan (m)

Z : *head* statis total (m)

Head losses akibat adanya perlengkapan pipa disebut *head* minor sedangkan akibat turbulensi dan gesekan disebut *head* mayor. Kerugian *head* minor dapat dicari dengan persamaan (2.5).

$$h_m = f \frac{v^2}{2g} \tag{2.5}$$

dimana ;

h_m : *head* loss minor (m)

f : koefisien kerugian dari perlengkapan pipa

Head losses mayor dapat dihitung dengan menggunakan persamaan Darcy-Weisbach pada persamaan (2.6).

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \tag{2.6}$$

dimana :

h_f : *head* loss mayor (m)

L : panjang pipa (m)

D : diameter dalam pipa (m)

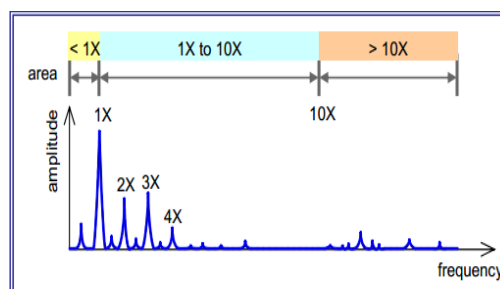
V : kecepatan aliran (m/s)

g : percepatan gravitasi (m/s²)

Blade pass frequency (BPF)

Blade pass frequency pada Gambar 2.2 merupakan karakter dari pompa dan baling-baling. Amplitudo besar pada BPF (harmonik) dapat dihasilkan jika pompa mengalami perbedaan kecepatan pada putaran baling-baling pompa dan diffuser [4].

$$BPF = \frac{\text{number of Blades/vanes}}{60} \times RPM \tag{2.7}$$



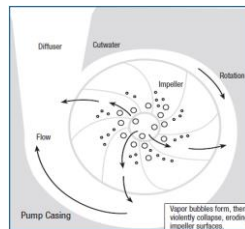
Gambar 2.2 Membagi Spektrum ke Wilayah Signifikan [4]

Spektrum dibagi menjadi tiga bidang utama (lihat Gambar 2.2)

- Area di bawah frekuensi rotasi - Daerah ini disebut *sub-synchronous* jika ada puncak terjadi di dalamnya, cenderung berbahaya (misalnya jurnal bantalan pusran minyak).
- Daerah dari frekuensi rotasi hingga sepuluh kali adalah daerah frekuensi rendah kegiatan yang terkait dengan rotasi. Gejala semua kesalahan mekanis mendasar (*unbalance, misalignment, kelonggaran, dll*) biasanya terjadi di daerah ini.
- Daerah di atas 10X adalah daerah *Symptoms* frekuensi tinggi dari bantalan rol cacat, kesalahan roda gigi, kavitasi, dll terjadi di daerah ini.

Kavitasi

Kavitasi adalah gejala menguapnya zat cair yang sedang mengalir, karena tekanannya turun sampai dibawah tekanan uap jenuhnya. Kavitasasi seperti gambar 2.3 merupakan fenomena yang terjadi ketika uap berubah menjadi gelembung dan bergerak sepanjang sebuah baling-baling impeller. Ketika gelembung uap ini bergerak sepanjang baling-baling impeller, tekanan di sekitar gelembung mulai meningkat. Bila tekanan di luar gelembung lebih besar dari tekanan di dalam gelembung, maka gelembung akan runtuh.



Gambar 2.3 Proses Kavitasasi [5]

Net Positive Suction Head (NPSH)

Terdapat 2 jenis NPSH pada pompa yakni *Net Positive Suction Head Available* (NPSH_A) dan *Net Positive Suction Head Required* (NPSH_R). NPSH_A adalah *head* yang dimiliki oleh zat cair pada sisi hisap pompa dikurangi dengan tekanan uap jenuh zat cair di tempat tersebut atau NPSH yang tersedia pada instalasi pompa [12].

Dinyatakan dengan persamaan

$$h_{sv} = \frac{P_a}{\gamma} - \frac{P_v}{\gamma} - h_s - h_{ls} \quad (2.7) \quad (2.51)$$

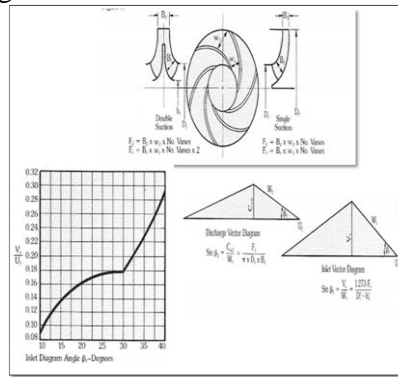
dimana :

- h_{sv} : NPSH yang tersedia (m)
- P_a : tekanan pada permukaan cairan (kgf/m²)
- P_v : tekanan uap jenuh (kgf/m²)
- γ : berat jenis fluida (kgf/m³)
- h_s : *head* isap statis (m)
- h_{ls} : kerugian *head* dalam pipa isap (m)

Menentukan Kapasitas Minimum Pengoprasian Pompa

Penomena kavitasasi terjadi salah satunya karena adanya sirkulasi balik didalam system (*Internal re-circulation*) terjadi pada sisi tekan, dimana fluida yang keluar dari pompa terbatas sehingga terjadi sirkulasi ulang dari tekanan tinggi di pompa ke tekanan rendah di *impeller*. Untuk menghindari terjadinya resirkulasi maka kita harus

menentukan kapasitas minimum dari pompa. Penentuan kapasitas minimum pompa dipengaruhi oleh karakteristik *impeller* [6].
seperti terlihat pada gambar 2.4 di bawah ini.



Gambar 2.4 Karakteristik *impeller*

$$F = B \times W \times \Sigma \text{ Vane} \quad (2.8)$$

$$\sin \beta_1 = \frac{1,273 \times F_1}{(D_2^2) - (h_1^2)} \quad (2.9)$$

(2.58)

$$Q_{min} = \frac{D_1(D_1^2 - h_1^2) \times rpm}{(93,45) \times (V_e/U_i)} \quad (2.10) \quad (2.59)$$

Dimana:

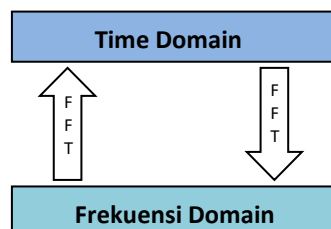
- F = Luas sisi masuk fluida ke impeller (m)
- B = Celah pada sisi masuk impeller (m)
- w = Celah antara bilah impeller pada sisi masuk (m)
- $\Sigma \text{ Vane}$ = Jumlah bilah sudu *impeller*
- D_1 = Diameter mata *impeller* (m)
- D_2 = Diameter *discharge* *impeller*
- (m)
- H_1 = Diameter poros yang melalui mata *impeller* (m)
- U_1 = Kecepatan peripheral mata *impeller* (m)
- V_c = Kecepatan fluida arah aksial di mata *impeller* (m)
- β_1 = Sudut vektor diagram *inlet* (diagram *inlet* posisi sudut β_1)

Frekuensi Domain

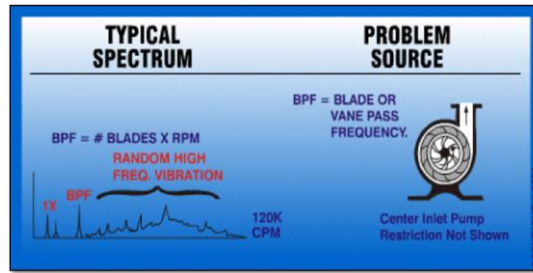
Pengolahan data frekuensi domain umumnya dilakukan dengan tujuan :

- a) Untuk memeriksa apakah amplitudo suatu frekuensi domain dalam batas yang diizinkan oleh standart
- b) Untuk memeriksa apakah amplitudo untuk rentang frekuensi tertentu masih berada dalam batas yang diizinkan oleh standart.
- c) Untuk tujuan keperluan diagnosis

Secara konseptual, pengolahan frekuensi domain dilakukan dengan mengkonversikan data time domain ke dalam frekuensi domain. Dalam praktiknya proses konversi ini dilakukan menggunakan proses FFT (*Fast Fourier Transfer*) atau Transformasi Fourier Cepat seperti terlihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Hubungan Time Domain dengan Frekuensi Domain
 Bentuk pola spektrum fenomena kavitasi dapat dilihat pada gambar 2.6 di bawah ini.



Gambar 2.6 Ilustrasi Spektrum untuk Kavitasi [7]

3. METODOLOGI PENELITIAN

Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan sejak tanggal 27 Februari 2014 pengesahan usulan oleh pengelola program studi sampai dinyatakan selesai yang direncanakan berlangsung selama \pm 4 bulan. Tempat pelaksanaan penelitian adalah di *Research Center Noise/Vibration Control and Knowledge Based in Engineering*, Program Magister Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara.

Peralatan Subjek Penelitian

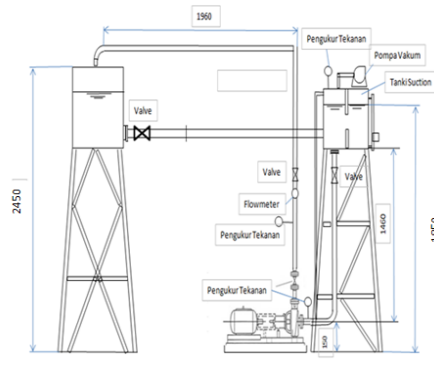
Subjek penelitian ini adalah pompa sentrifugal yang dipasang sesuai model instalasi sederhana skala laboratorium.

Tabel 3.1 Spesifikasi Pompa Sentrifugal

Merek	Aquavane KSB
Head	9 m
Kapasitas	3 Ltr / det
Daya	746 Watt
Voltage	230 Volt
Putaran	1450 rpm



Gambar 3.1 Pompa Sentrifugal



Gambar 3.2 Pompa dan Instalasinya

Peralatan pengujian dan pengukuran

Adapun alat yang digunakan dibagi 2 macam yaitu:

A. Peralatan pengujian

1. *Sump tank* dengan kapasitas maksimal 600 liter untuk menampung air yang disirkulasikan;
2. *Suction tank* tertutup dengan kapasitas maksimal 227 liter untuk menampung air yang akan dipompakan;
3. Satu set pompa sentrifugal merk; *Aquavane* KSB A32-160 dengan kapasitas aliran 3,5 liter/s.
4. Instalasi pipa *acrylic* diameter 2” pada *suction*.
5. Instalasi pipa *acrylic* diameter 1/2” pada *venting line* sebelum *suction*.

B. Peralatan Pengukuran

1. *Flow meter* dengan kapasitas pengukuran 4 liter/s, digunakan untuk mengukur kapasitas air yang dipompakan ke tangki penampung;
2. *Pressure Gauge (Manometer gauge)* dengan range 0 – 6 kg/cm² yang digunakan untuk mengukur tekanan air yang di pompa;
3. *Pressure Gauge (Manometer vacuum)*, digunakan untuk mengukur tekanan air di sisi *suction*;
4. *Valve* pengatur 2” disisi pipa *suction*, digunakan untuk mengatur tekanan dan kecepatan aliran masuk ke pompa;
5. *Valve* 2” disisi discharge, digunakan untuk mevariasikan tinggi tekan (head) dan kapasitas aliran yang menuju tangki penampung;
6. *Digital thermocouple*, untuk mengukur temperatur cairan di tangki suction.
7. Alat ukur getaran yang digunakan untuk percobaan ini adalah
 - a. *Accelerometer* DI-440 SKF dengan spesifikasi sebagai berikut:



Gambar 3.3 DI-440 SKF

b. *USB cable*

USB cable data digunakan untuk mentransfer data hasil pengukuran ke PC (gambar 3.4).



Gambar 3.4 USB Cable

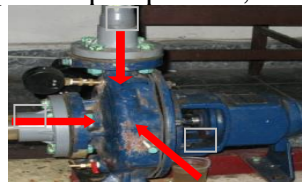
4. METODOLOGI

Penelitian terhadap karakteristik *vibrasi* yang muncul pada pompa sentrifugal yang dilakukan secara eksperimental dengan tahapan sebagai berikut:

- A. Untuk Pengukuran Getaran Pompa
 - 1. Set up pada pompa sentrifugal:
 - a. Pemasangan Pressure Gauge pada sisi suction dan discharge pompa untuk mengamati tekanan pada titik tersebut;
 - b. *Set up* instalasi pompa pada pipa *suction*, pemasangan venting valve pada line venting.
 - c. Pengisian dan pemanasan cairan pada tanki penampung serta pengisian tanki *suction*.
 - d. Pastikan kesiapan pompa untuk dapat dioperasikan, periksa apakah dapat bekerja dengan sempurna.

Metode pengukuran vibrasi

- a. Pasang transduser pada alat pengukuran vibrasi DI-440 SKF;
- b. Pasang transduser pada casing pompa;
- c. Operasikan pompa hingga pompa beroperasi dengan normal.
- d. Aktifkan alat pengukuran vibrasi DI-440 SKF
- e. Posisi pembukaan katup isap adalah 100%.
- f. Pada posisi pembukaan katup discharge 100% dan tekanan tanki vakum 1 atm, amati tekanan cairan yang masuk ke suction pompa pada manometer *vacum* , *discharge* dan kapasitas aliran pada sisi discharge;
- g. Melaksanakan pengambilan data vibrasi secara *time domain* pada sumbu X dengan variasi waktu 0,1 detik;
- h. Setelah pengambilan data untuk sumbu X, dilanjutkan dengan sumbu Y dan Z.
- i. Lakukan pengambilan data vibrasi untuk tekanan suction tanki pada 1 bar absolut.
- j. Prosedur ini diulangi untuk kapasitas pompa 90%, 80% dan 70%.



Gambar 3.5 Posisi Pen gambilan data

5. HASIL DAN PEMBAHASAN
Hubungan Tekanan Tanki Suction dengan NPSH_A

NPSH yang akan dihitung adalah NPSH yang tersedia yaitu *head* yang dimiliki oleh zat cair pada sisi isap pompa adalah:

$$NPSH_A = \frac{P_{atm}}{\gamma} - \frac{P_v}{\gamma} - h_{st} - h_s$$

Dimana:

P_a = Tekanan Tanki = 1 atm = 10.332 kgf/m²

P_v = Tekanan uap jenuh (Kgf/m²) = 574,17 kgf/m² (suhu 35⁰ C)

γ = Berat jenis fluida = 995,2 Kgf/m³

h_{st} = Head isap statis

$$1850 - 150 = -1700 \text{ mm} = -1,7 \text{ m}$$

h_s = Kerugian head didalam pipa isap (m) = 0,199 m

Jadi NPSH yang tersedia adalah sebesar:

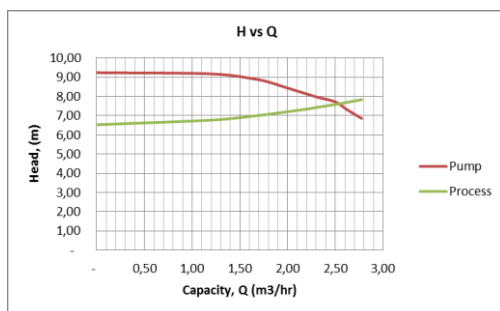
$$\begin{aligned} NPSH_A &= \frac{P_{atm}}{\gamma} - \frac{P_v}{\gamma} - h_{st} - h_s \\ &= \frac{10.332}{995,2} - \frac{574,17}{995,2} - (-1,7) - 0,1993 \\ &= 10,382 - 0,577 + 1,7 - 0,1993 = 11,30m \end{aligned}$$

NPSH_R yang ditentukan oleh pabrik pompa yaitu sebesar 10,20 m, maka NPSH_A > NPSH_R.

Hubungan Karakteristik Pompa dengan Karakteristik Sistem

Tabel. 4.1 Hubungan variasi head , tekanan pada manometer tekan dan kapasitas

Variasi head (m)	Tekanan manometer tekan (kgf/cm ²)	Kapasitas (m ³ /det)
6,86	0,55	0,0028
7,28	0,60	0,0026
7,72	0,65	0,0025
7,95	0,68	0,0023
8,10	0,70	0,0022
8,50	0,75	0,0020
8,75	0,78	0,0018
8,90	0,80	0,0017
9,18	0,84	0,0012
9,24	0,86	0



Gambar 4.1 Grafik Hubungan Karakteristik Pompa dan Karakteristik Sistem

Dari gambar 4.1 terlihat bahwa pertemuan antara kurva karakteristik pompa dengan kurva karakteristik sistem menunjukkan pengoprasian optimal berada pada kapasitas 2,500 m³/jam atau sama dengan bukaan valve 90 %.Pengoprasian pompa yang melebihi kapasitas tersebut akan membahayakan pompa dan menyebabkan penomena kaivitasi.

Verifikasi Data Karakteristik Impeler dengan Aliran Resirkulasi

Untuk menentukan kapasitas minimum pengoperasian pompa, dengan menganalisa karakteristi *impeller*.

Tabel 4.2 Karakteristik hasil pengukuran *impeler*

Komponen	Ukuran	satuan
w1	0,90	in.
w2	2,24	in.
B1	0,51	in.
B2	0,31	in.
D1	2,34	in.
D2	6,52	in.
ΣVane	4	Pcs
h1	0,65	in.

$$F = B \times W \times \Sigma \text{ Vane}$$

$$F = (0,51) \times (0,90) \times 4$$

$$= 1,85 \text{ in}^2$$

$$\sin \beta_1 = \frac{1,273 \times F_1}{(D_2^2) - (h_1^2)}$$

$$\sin \beta_1 = \frac{1,273 \times 1,85}{(5,49) - (42,51)}$$

$$= 0,465$$

$$= 27^{\circ}49'$$

Dari diagram diperoleh nilai V_e/U_i yaitu;

$$V_e/U_i = 0,176$$

Sehingga flow minimum adalah:

$$Q_{min} = \frac{D_1(D_1^2 - h_1^2) \times rpm}{(93,45) \times (V_e/U_i)}$$

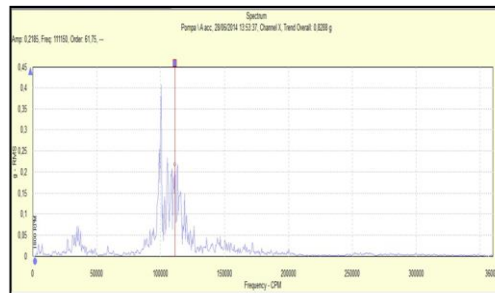
$$= \frac{2,34(5,49 - 0,42) \times 1450}{(93,45) \times (0,176)}$$

$$= 32,40 \text{ gpm}$$

$$= 0,00205 \text{ m}^3/\text{s}$$

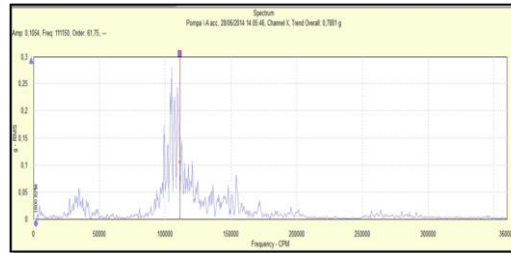
Verifikasi Karakteristik Akselerasi Spektrum Getaran dengan Variasi Kapasitas

Hasil data spektrum getaran fenomena kavitasi, berada dikisaran frekuensi 120.000 CPM dan diatas 10 X BPF telah sesuai dengan *Technical Associates Of Charlotte*.



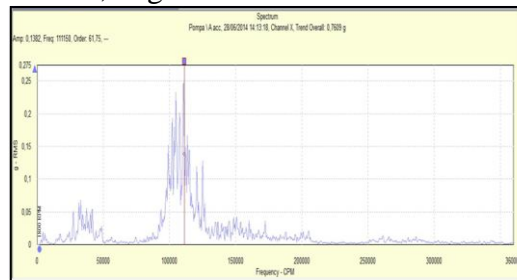
Gambar 4.2 Spektrum getaran pada variasi kapasitas 100%

Dari gambar 4.2 terlihat pada kapasitas 100% menunjukkan karakteristik spektrum khas fenomena kavitasi dari rentang 100.000 CPM – 200.000 CPM. Spektrum getaran yang menunjukkan fenomena kavitasi ini terdapat sebuah puncak tertinggi dari spektrum sebesar 0,4 g-RMS. Pada pengambilan data penelitian deteksi fenomena kavitasi ini, puncak tertinggi yang diperoleh dari spektrum getaran adalah pada kapasitas 100%, hal ini menunjukkan bahwa tidak dianjurkan untuk Pengoperasian pompa distilasi pada keadaan *full* kapasitas. Pengoperasian pompa distilasi dengan keadaan kapasitas 100% akan menghasilkan kecepatan aliran fluida yang maksimal sehingga mengakibatkan terjadinya tumbukan yang besar pada sisi *suction* pompa, antara fluida dengan impeler pompa. Peristiwa ini merupakan salah satu penyebab terjadinya fenomena kavitasi.



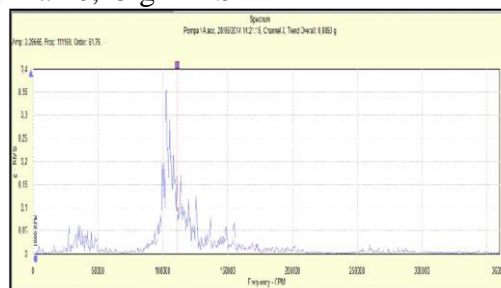
Gambar 4.3 Spektrum getaran pada variasi kapasitas 90%

Dari gambar 4.3 terlihat pada kapasitas 90% menunjukkan karakteristik spektrum khas fenomena kavitasi dari rentang 100.000 CPM – 200.000 CPM. Spektrum getaran yang menunjukkan fenomena kavitasi ini ada sebuah puncak tertinggi dari spektrum yang menunjukkan 0,28 g-RMS.



Gambar 4.4 Spektrum getaran pada variasi kapasitas 80%

Dari gambar 4.4 terlihat pada kapasitas 80% menunjukkan karakteristik spektrum khas fenomena kavitasi dari rentang 100.000 CPM – 200.000 CPM. Spektrum getaran yang menunjukkan fenomena kavitasi ini ada sebuah puncak tertinggi dari spektrum yang menunjukkan 0,25 g-RMS



Gambar 4.5 Spektrum getaran pada variasi kapasitas 70%

Dari gambar 4.5 terlihat pada kapasitas 70% menunjukkan karakteristik spektrum khas fenomena kavitasi dari rentang 100.000 CPM – 200.000 CPM. Spektrum

getaran yang menunjukkan fenomena kavitasi ini ada sebuah puncak tertinggi dari spektrum sebesar 0,35 g-RMS, hasil ini merupakan batas bawah dari pengoperasian pompa distilasi, semakin kecil kapasitas maka aliran fluida semakin melambat maka fenomena resirkulasi akan terjadi dan hal itu pula yang memicu terjadinya fenomena kavitasi.

Tabel 4.3. Perbandingan variasi kapasitas dengan amplitudo spektrum getaran.

Kapasitas (%)	Kapasitas Q (m ³ /dtk)	Amplitudo (g-RMS)		
		Axial	Vertikal	Horizontal
100%	0,002778	0,40	0,06	0,119
90%	0,002500	0,28	0,05	0,07
80%	0,002222	0,25	0,05	0,06
70%	0,001944	0,35	0,07	0,06

Dari tabel 4.3 terlihat bahwa variasi kapasitas berpengaruh kepada karakteristik spektrum getaran, dimana rentang kapasitas dengan amplitudo getaran yang terendah berada pada kapasitas 80 % hingga 90%. Amplitudo spektrum getaran dilihat dari rentang frekuensi 100.000 CPM – 200.000 CPM yang merupakan rentang frekuensi terjadinya fenomena kavitasi. Hasil data Spektrum getaran ini dapat dimanfaatkan untuk mendukung menganalisa terjadinya fenomena kavitasi dan dapat digunakan untuk rekomendasi pengoperasian kapasitas pompa.

6. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Hasil observasi diketahui bahwa pada kapasitas 70 % dengan kapasitas aliran 0,001944 m³/s telah terjadi penomena resirkulasi yang menyebabkan penomena kavitasi pada pompa destilasi. Dari hasil observasi diketahui pula pengoperasian optimal berada pada kapasitas 90% dengan kapasitas aliran 0,002500 m³/s.
2. Rekomendasi pengopreasian pompa distilasi berada pada rentang kapasitas aliran 0,00205 m³/s atau pada kapasitas 74 % sampai kapasitas optimal 0,002500 m³/s atau pada kapasitas 90 %.
3. Hasil data spektrum getaran menampilkan rentang terjadinya penomena kavitasi pada pompa destilasi adalah 100.000 CPM sampai 200.000 CPM.

Saran

1. Untuk mendapat mengamati penomen kavitasi dengan Variasi Kapasitas dan tekanan *suction pompa* dapat didukung dengan simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD).
2. Sebelum Merangkai alat uji perlu diteliti kondisi yang akan digunakan nanti supaya lebih sinkron dengan penelitian ini.
3. Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai fenomena kavitasi pada pompa sentrifugal dengan menggantikan fluida air dengan minyak (CPO atau minyak mentah).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Scheffer, C. dan Girdhar P. *Practical Machinery Vibration Analysis and Predictive Maintenance*. Netherlands, IDC Technologies. 2004.
- [2] TSP Series API 610 10th Edition Process Pump. www.truflo.com didownload pada 20 Juni 2010.
- [3] Sularso dan Haruo Tahara. *Pompa dan Kompresor Pemilihan, Pemakaian dan Pemeliharaan*. Edisi Keenam, Jakarta, PT. Pradya Paramita. 2006.
- [4] Bilosova, A dan Bilos, J. *Vibration Diagnostics. Investments in Education Development*. Ostrava. 2012
- [5] Beekman, W. dan Asdal, R. *Improving Pumping System Performance A Sourcebook for Industry*, Second Edition. Colorado : National Renewable Energy Laboratory. 2006.
- [6] Fraser, W. H. *Flow Recirculation In Centrifugal Pumps*. presented as a paper at the 1981 annual ASME meeting.
- [7] Berry, J. E. *How To Implement An Effective Condition Monitoring Program Using Vibration Analysis*. Technical Associates Of Charlotte, Inc. Specialists In Predictive Maintenance, Machinery Diagnostics, and Vibration Reduction. SKF – USA. 2011.