

# APLIKASI RESPONSE GETARAN UNTUK MENGANALISIS FENOMENA KAVITASI PADA INSTALASI POMPA SENTRIFUGAL

Wijianto dan Marwan Effendy

## ABSTRACT

**K**avitasi merupakan fenomena perubahan fase uap dari zat cair pada fluida yang mengalir. Perubahan tersebut dapat diakibatkan turunnya tekanan maupun naiknya temperatur. Kavitasasi dapat terjadi di suction pompa, sudu pompa, maupun di saluran pipa. Indikasi kavitasasi adalah timbulnya gelembung-gelembung uap, suara-suara bising dan getaran. Efek kavitasasi pada pompa adalah turunnya unjuk kerja (performance). Akibat lanjutan kavitasasi pada casing dan sudu menimbulkan lubang-lubang (pitting) pada dinding casing maupun pada permukaan sudu. Penelitian ini dilakukan dengan mengukur getaran pompa sentrifugal pada putaran 2600 rpm dan perubahan debit aliran dengan cara variasi perubahan katup di sisi suction ataupun discharge pompa, kemudian dilakukan perbandingan dengan kondisi sebelum terjadi kavitasasi. Indikasi kavitasasi pompa ditunjukkan dengan peningkatan frekuensi dan amplitudo getaran pompa. Hasil pengukuran getaran juga dibandingkan dengan nilai NPSHA yang semakin turun. Munculnya fenomena kavitasasi ditandai dengan peningkatan frekuensi 3840 Hz menjadi 4316 Hz. Akibat kavitasasi akan menimbulkan kerusakan terbesar disisi muka impeler dan casing ditunjukkan dengan peningkatan amplitudo tertinggi di sisi horisontal pompa sebesar 92 mV. Hasil pengukuran didapatkan semakin tinggi putaran pompa menyebabkan semakin rendahnya tekanan di suction pompa berbanding lurus dengan intensitas kavitasasi yang dihasilkan.

**Kata Kunci:** pompa sentrifugal, kavitasasi, getaran, frekuensi.

## ABSTRACT

**C**avitation is a phenomenon in which fluid phase changes into vapor phase in flowing fluid. The alteration may be caused by decreased pressure or increased temperature. Cavitation can occur in a suction pump, pump impeller, and pump duct. Indications of cavitation are emergence of vapor bubbles, noisy sound and vibration. Effect of cavitation on a pump is reduction of performance. Holes forming (pitting) that is occurring in casing and surface of impeller is further consequence of cavitation effect. The research is performed by measuring vibration of a centrifugal pump with 2600 rpm and alteration of flow debit by varying the change of valve of suction part or discharging pump, and then, the result of measurement is compared with condition before the occurrence of cavitation. Indication of cavitation of a pump is indicated by increased frequency and amplitude of pump vibration. Result of the vibration measurement is compared with further decreased value of NPSHA. Occurrence of cavitation phenomenon was marked with increased frequency, namely, from 3840 Hz to 4316 Hz. The severest damage caused by the cavitation is in surfaces of casing and impeller. It is indicated by highest increased amplitude to 92 mV in horizontal side of the pump. Result of measurement obtained that the higher rate of pump's rotation causing the lower pressure of suction pump is directly proportional with resulting cavitation.

**Keywords:** centrifugal pump, cavitation, vibration, frequency

## PENDAHULUAN

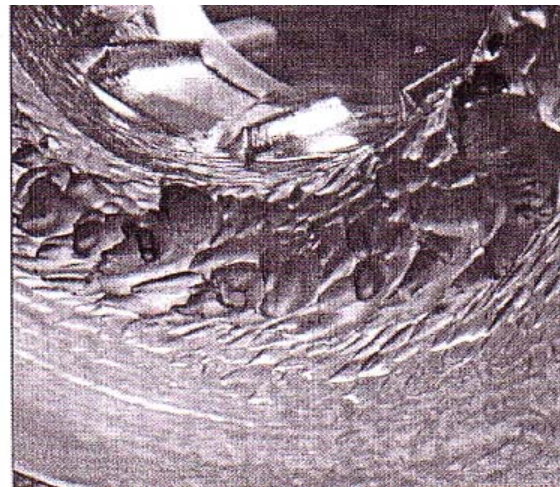
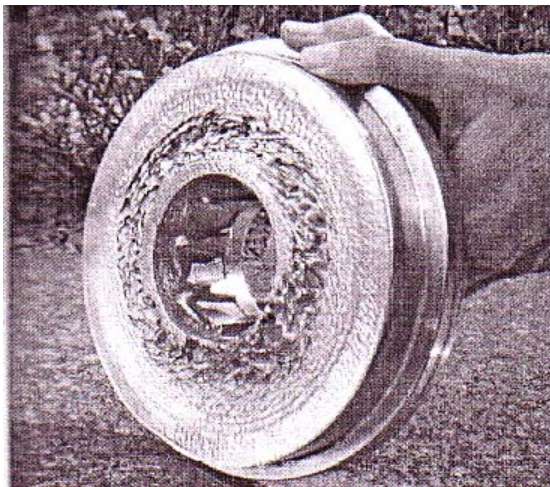
Dalam sistem instalasi pemipaan fenomena kavitasi sering tidak diperhatikan, sedangkan kavitasi sendiri adalah salah satu kerugian di dalam sistem instalasi pemipaan. Yang disebut kavitasi adalah timbulnya gelembung-gelembung dalam aliran fluida akibat penurunan tekanan pada fluida sehingga tekanan tersebut di bawah tekanan uap jenuhnya. Gelembung-gelembung uap dapat terjadi pada zat cair yang sedang mengalir, baik di dalam pompa maupun pipa, tempat-tempat yang bertekanan rendah atau yang berkecepatan tinggi didalam aliran sangat rawan terhadap terjadinya kavitasi.

Pompa yang mengalami tekanan pada sisi hisap hingga dibawah tekanan uap jenuhnya akan terbentuk gelembung-gelembung uap, lalu berkembang mengikuti aliran zat cair sampai ketekanan yang lebih tinggi, selanjutnya gelembung tersebut akan pecah karena tekanan sekelilingnya, hal ini yang disebut dengan kavitasi. Gelembung-gelembung uap dapat terjadi pada zat cair yang sedang mengalir, baik di dalam pompa maupun pipa, tempat-

tempat yang bertekanan rendah atau yang berkecepatan tinggi di dalam aliran sangat rawan terhadap terjadinya kavitasi.

Fenomena kavitasi yang terjadi dalam impeler pompa sentrifugal akan menyebabkan kerusakan-kerusakan mekanis yaitu terjadinya lubang-lubang yang disebut erosi kavitasi. Kerusakan ini bisa terjadi pada sudu maupun pada *casing*. Disamping terjadi kerusakan mekanis, pompa sentrifugal juga akan mengalami penurunan *head*, kapasitas maupun efisiensinya akan turun dan apabila kavitasi yang terjadi pada sudu pompa berlangsung lama bisa mengakibatkan kerusakan permanen.

Gejala-gejala yang ditimbulkan ini bisa diukur dengan perangkat pengukur getaran (Effendy, 2006), selanjutnya bisa dimanfaatkan sebagai database untuk memetakan macam-macam respon getaran pada komponen mesin. Untuk melihat dan menganalisis fenomena terjadinya kavitasi maka dibuatlah suatu rancang bangun alat uji kavitasi melalui pengukuran secara eksperimental dengan memvariasikan variasi debit, variasi penggunaan impeller 3 sudu (impeller dibuat bopeng-bopeng



Gambar 1. Kerusakan Sudu Pompa Akibat Erosi Kavitasi (Suyanto, 2005)

dengan 5 variasi) dan variasi penggunaan impeller. Dengan demikian mampu memudahkan untuk mengamati terjadinya kavitasi, bagaimana kavitasi terjadi, faktor-faktor apa saja yang menyebabkan terjadinya kavitasi, serta bagaimana cara mencegah terjadinya kavitasi. Dengan demikian fenomena kavitasi dapat dilihat, dianalisis, dan dicegah.

Penelitian tentang kavitasi dan performa pompa telah banyak dilakukan oleh beberapa ilmuwan, diantaranya Avellan (2005) meneliti kavitasi yang terjadi di dalam pemipaan pada proses pemompaan dengan menggunakan fluida air seperti pada gambar 2 menyatakan ketika air masuk suatu pompa, terjadi kenaikan kecepatan menyebabkan suatu penurunan tekanan di dalam pompa tersebut. Jika tekanan ini terlalu rendah di bawah tekanan uap jenuhnya, air akan berubah menjadi kabut/menguap, membentuk gelembung dalam cairan. Gelembung ini pecah dengan keras ketika bergerak ke daerah dengan tekanan yang lebih tinggi.

Penelitian yang lain dilakukan oleh Karassik dkk, (1976) Menyatakan bahwa kavitasi adalah peristiwa terbentuknya gelembung-gelembung uap di dalam cairan yang dipompa akibat turunnya tekanan cairan sampai di bawah tekanan uap jenuh cairan pada suhu tertentu. Gelembung uap yang terbentuk dalam proses ini mempunyai siklus yang sangat singkat. Jensen dan Dayton (2000), melakukan eksperimen dengan mendeteksi fenomena kavitasi pada pompa sentrifugal dengan variasi putaran motor menempatkan sensor getaran di dua titik (A1 = vertikal adalah titik didinding samping pompa dan A2 = horizontal adalah titik didinding atas pompa)

Penelitian ini dilakukan dengan membuat tekanan isap menjadi sangat rendah yaitu dengan cara menurunkan

tekanan isap dengan pompa vakum. Hasil pengukuran didapatkan kondisi kavitasi dengan mengukur dan membandingkan nilai NPSHA dengan nilai NPSHR. Didapatkan juga karakteristik nilai NPSHR terhadap debit air

Hasil pengukuran getaran disimpulkan bahwa kavitasi akibat penurunan tekanan ditandai dengan pergeseran amplitudo pada frekuensi 5 X menjadi 3,5 X

Josefberg (2002), dalam penelitian mengenai sistem deteksi dini dalam memprediksi umur pompa akibat kavitasi mengatakan bahwa dalam peristiwa kavitasi bagian yang paling parah terkena akibat kavitasi tersebut adalah impeler dan prediksi umur pompa juga ditandai dengan peningkatan amplitudo pompa. Sedangkan Rouben dkk (1997), mendeteksi munculnya kavitasi pada pompa menggunakan emisi akustik. Dari penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa kavitasi berada pada rentang pompa berada pada rentang 0,1- 1 MHz, dan diperoleh kesimpulan bahwa pengaruh kavitasi terhadap penurunan nilai NPSH dari 20 m menjadi 10 m setelah kavitasi.

Alfayez (2004), meneliti tentang munculnya kavitasi pada pompa sentrifugal ditandai dengan peningkatan amplitudo yang diukur secara bersamaan dengan penurunan nilai NPSH pada kondisi pompa yang sama 60 kW dan debit air 101 m<sup>3</sup>/jam. Hasil penelitian tersebut diperoleh munculnya kavitasi dalam bentuk grafik. dan kavitasi semakin tinggi sejalan dengan peningkatan debit aliran pompa.

Taufik (2003), meneliti tentang efek perubahan tekanan dan temperatur pada kavitasi yang terjadi di impeler pompa sentrifugal. Didapatkan bahwa pada tekanan intake 0 cmHg sampai tekanan intake - 20 cmHg. Pola distribusi tekanan menye-

rupai parabola kemudian naik pada titik tertinggi dekat dinding casing pada tekanan dibawah -24 cmHg pola distribusi tekanan mendekati garis lurus ini dikarenakan turunnya kapasitas fluida yang melewati pompa.

Suyanto (2005), melakukan eksperimen untuk mendapatkan hubungan angka kavitasi ( $\sigma$ ) dengan koefisien *head* ( $\psi$ ) pada pompa sentrifugal. Akan tetapi hasil penelitian itu kurang dapat mendeteksi kavitasi pada kondisi pompa yang beroperasi secara riil kemudian dilakukan penyempurnaan dengan mendeteksi dengan vibrasi. Suyanto, dkk. (2005), juga melakukan penyempurnaan menggunakan getaran dan SPL (*sound pressure level*). Tetapi fenomena kavitasi dihasilkan hanya pada motor mulai dinyalakan, atau hanya pada frekuensi yang rendah saja.

Pompa adalah mesin yang digunakan untuk mengangkat, memindahkan, men-

transfer cairan dari permukaan yang rendah ke permukaan yang lebih tinggi atau dari daerah yang bertekanan rendah ke daerah yang bertekanan tinggi.

Pompa sentrifugal, seperti dalam Gambar 3.10 mempunyai sebuah impeler (baling-baling) untuk mengangkat zat cair dari tempat yang rendah ke tempat lebih tinggi.

Pompa sentrifugal bekerja karena ada pengaruh input daya yang kemudian dapat menggerakkan sudu-sudu. Karena timbul gaya sentrifugal maka zat cair mengalir dari tengah impeler keluar melalui saluran sudu-sudu. Di sini *head* tekanan zat cair menjadi lebih tinggi. Demikian pula *head* kecepatannya bertambah besar karena zat cair mengalami percepatan. Zat cair yang keluar impeler ditampung oleh saluran berbentuk volut (spiral) di keliling impeler disalurkan keluar pompa melalui nosel. Di dalam nosel ini sebagian *head* kecepatan aliran diubah

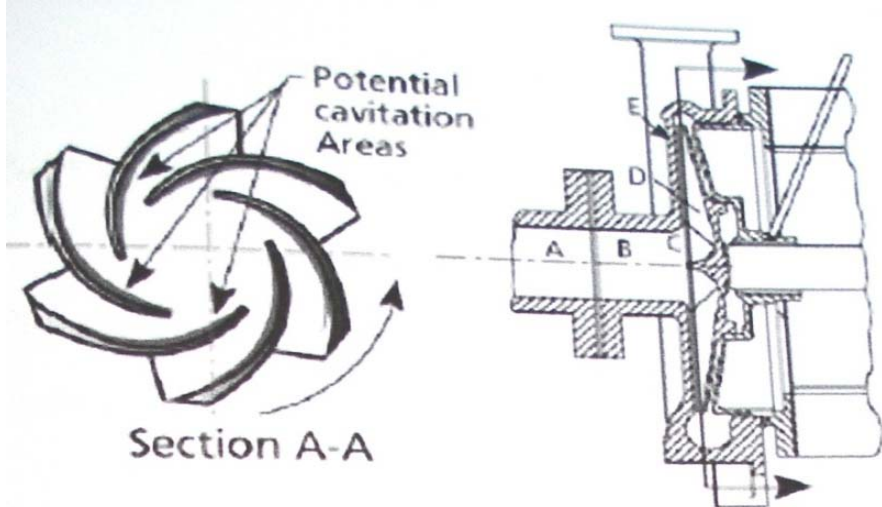
Gambar 2. Pompa Sentrifugal. Jenis pompa air sawah model TC 1,5

Gambar 3. Sudu-sudu pompa sentrifugal

menjadi *head* tekanan.

Jadi impeler pompa berfungsi memberikan kerja kepada zat cair sehingga energi yang dikandungnya bertambah besar. Selisih energi per satuan berat atau *head* total zat cair antara *flens* isap dan *flens*

Fenomena kavitasi terjadi apabila NPSH pada pompa inlet berada di bawah tekanan penguapan fluidanya. Pada pompa sentrifuga, kavitasi terjadi apabila tekanan NPSHA (*net positive suction head available*) mengalami penurunan di bawah NPSHR (*net positive suction head required*). Dengan asumsi fenomena ini dapat diterangkan sebagai berikut



$$IA = h_{p(s)} + h_{v(s)} - h_{vp} \dots\dots\dots (3)$$

$$= \frac{P_{inlet}}{\rho g} = \text{head tekanan} \dots\dots\dots (4)$$

$$\frac{v^2}{2g} = \text{head kecepatan} \dots\dots\dots (5)$$

$$h_{vp} = \frac{P_{vp}}{\rho g} = \text{head tekanan penguapan} \dots\dots\dots (6)$$

dimana:

- $F_b$  = Frekwensi *belt* (Hz)
- $S_d$  = Diameter *pulley* (mm)
- Rpm = Putaran dari *pulley* (rpm)
- $B_1$  = Panjang *belt* (mm)

- $P_{inlet}$  = tekanan fluida pada pompa inlet
- $P_{vp}$  = tekanan penguapan fluida
- $\rho$  = densitas fluida
- = Percepatan gravitasi

- $v$  = kecepatan aliran
- = sisi suction pompa

Kavitasi terjadi ketika tekanan net dalam fluida kurang dari tekan penguapan dari cairan ( $P_{inlet} < P_{vp}$ ). Ketika  $P_{inlet} < P_{vp}$  butiran-butiran uap zat cair akan terbentuk pada sisi masuk impeler. Pompa yang mengalami kavitasi akan menurun kinerjanya. Pompa akan mengalami penurunan *head*, kapasitas maupun efisiensinya.

## METODE PENELITIAN

### Bahan dan alat

1. Pompa sentrifugal
2. Impeler pompa dengan 3 sudu dan

- dengan variasi bopeng
- 3. Motor penggerak
- 4. Instalasi Pipa
- 5. *Bearing*
- 6. *Pulley* dan *Belt*
- 7. Alat ukur tekanan *suction*
- 8. Alat ukur tekanan di *discharge*
- 9. Tachometer (pengukur kecepatan)
- 10. Rotameter (pengukur debit air)
- 11. Termometer (pengukur suhu air)

### Instalasi Pengukur Getaran

Instalasi ini terdiri dari beberapa komponen antara lain transduser, amplifier, kabel data, *vibrationmeter*, kaset, *microphone*, *tape recorder*, komputer analiser dan printer.

Gambar 4. Instalasi pengukur getaran

1. Transduser *Piezoelectric Accelerometer*
2. Charge Amplifier
3. *Vibrationmeter (Accelerometer)*
4. *Sony Digital Recorder PC 204 Ax + Acousticront And B & K type 5968*
5. Signal Analyser



(a)



(b)



(c)

Gambar 5. Alat ukur, (a) rotameter, (b) tachometer, (c) manometer

### Desain Eksperimen

Desain awal eksperimen ini adalah membuat instalasi penggunaan pompa eksperimen pada kondisi kavitasi sesuai dengan penggunaan di lapangan serta dengan penambahan variasi debit, variasi impeller berlubang (bopeng-bopeng) serta variasi jumlah sudu pada impeller terhadap perubahan respon getaran pompa.

Pompa sentrifugal diletakkan pada dudukan pada posisi paling atas sendiri. Pompa dibaut pada dudukan dan diantara pompa dengan dudukan diberi peredam yang bisa dibuat dari karet, kayu atau sejenisnya. Motor listrik diletakkan di bawah pompa sentrifugal dan pemasangan pada dudukan diberi peredam karet dan dibaut (gambar 5). Pada sisi isap sebelum masuk rumah pompa didekat dinding casing pompa dan juga pada sisi discharge dipasang manometer. Setelah aliran melewati saluran pada pipa tegak dipasang alat ukur rotameter yang digunakan untuk mengukur kapasitas dan kecepatan pompa. Pengukuran perubahan suhu dilakukan pada air antara sebelum dan setelah pengujian.

Untuk mendeteksi apakah pompa tersebut mengalami kavitasi atau tidak maka dilengkapi dengan pipa transparan disisi hisap dan sisi tekan.

Gambaran umum desain eksperimen tentang kavitasi dilakukan sebagai berikut:

1. Membuat instalasi pengujian pompa serta penempatan alat ukur pada sisi isap dan sisi tekan.
2. Mempersiapkan fluida air di tangki hisap sebagai bahan utama pengamatan serta mengatur sistem keluar air agar tidak berpengaruh pada pola aliran yang dihisap.
3. Memvariasikan debit air dengan tujuh variasi debit berbeda.
4. Mengukur getaran pompa sisi vertikal ataupun horisontal, kemudian merekam besarnya getaran.
5. Besarnya getaran yang ditimbulkan akibat kavitasi dapat dilihat pada layar monitor *Signal Analyser Unit*, yang kemudian dapat dianalisa nilai angka kavitasi berada pada frekuensi tertentu.
6. Hasil akhir dari pengukuran getaran dapat diplot, yang akan diperoleh grafik nilai frekuensi antara lain : frekuensi putaran motor, frekuensi pompa tanpa beban aliran, frekuensi pompa antara sebelum dan setelah terjadi kavitasi.

### Pelaksanaan Eksperimen

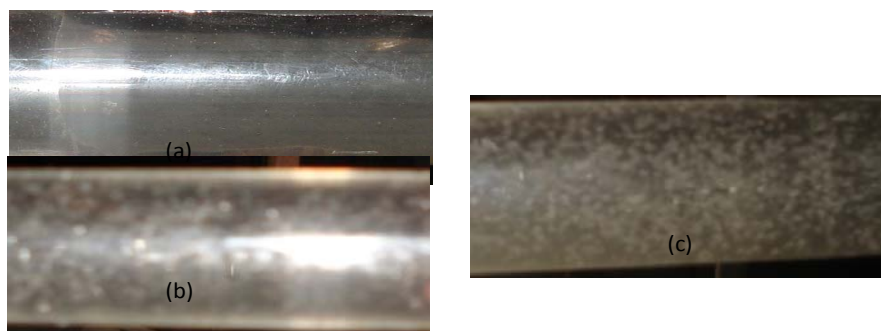
Pelaksanaan eksperimen diawali dengan pemasangan pompa dan pembuatan kedudukan pompa serta perangkaian

instalasi pompa yang mana instalasi tersebut dimungkinkan terjadi kavitasi. Sebagai indikasi awal bahwa pompa mengalami kavitasi adalah dengan pemasangan *acrylic pipe* disisi *section* pompa yang mana pada saat terjadi penurunan tekanan mulai muncul gelembung uap (lihat gambar 6) yang secara teori gelembung-gelembung itu akan pecah menjadi gelembung-gelembung kecil pada

saluran baik dipipa atau pada wilayah dekat pompa, setelah itu gelembung akan meledak pada tekanan yang lebih tinggi. Eksperimen tentang kavitasi dilakukan di Laboratorium Akustik dan Getaran Mekanis, Teknik Mesin, Universitas Gajah Mada Yogyakarta. Waktu Pengambilan data getaran akibat kavitasi pompa dilakukan mulai bulan Agustus 2009 sampai bulan September 2009.



Gambar 5. Alat uji eksperimen



Gambar 6. Gelembung uap disisi *suction* dan *discharge* pompa, (a) gelembung pada kecepatan rendah, (b) gelembung pada kecepatan lebih tinggi, (c) gelembung pipa *discharge* pompa.



Langkah berikutnya yaitu dengan penambahan parameter ukuran antara lain: manometer vakum dan tekan, termometer, tachometer, rotameter, dan lain lain. Setelah instalasi siap untuk di lakukan eksperimen tanpa terjadi kebocoran terutama disisi isap pompa, kemudian mempersiapkan perangkat pengukur getaran yang terdiri dari tranduser, kabel data, *charge Amplifier*, *vibrationmeter*, *tape recorder*, *computer analyzer*.

Pemasangan tranduser pada dinding pompa dipilih pada permukaan yang rata sehingga getaran dapat terekam dengan baik. Tranduser terdiri dari 2 buah yang dipasang pada sisi vertikal dan sisi horizontal pompa yang kemudian dikonversi sampai kebentuk tampilan grafik.

Adapun proses pengambilan data adalah sebagai berikut:

1. Memastikan bahwa seluruh saluran yang akan dilewati fluida telah terbuka, dengan membuka penuh katup pada seluruh saluran sirkulasi.
2. Menghidupkan motor sekaligus meng-

atur putaran motor dengan menggunakan perbandingan diameter *pulley*. Setting putaran motor dari putaran pada 1440 rpm direduksi menjadi 1800rpm.

3. Pengaturan tekanan di pipa tekan dilakukan dengan menutup secara perlahan-lahan katub buang dari tangki hisap sampai didapatkan nilai tekanan yang diharapkan. Variasi tekanan di pipa tekan diambil secara acak sebanyak lima kali.
4. Baca seluruh alat ukur yang tersedia sebagai hasil output dari perlakuan tersebut mulai dari tekanan di manometer di *suction*, *discharge*, tingginya suhu air yang keluar dari pompa. Pembacaan hasil debit dapat dilakukan dengan membaca pada rotameter. Secara bersamaan getaran pompa direkam dengan *tape recorder* yang kemudian dapat ditampilkan pada layar monitor berupa grafik.
5. Pengambilan data getaran yang direkam dengan *tape recorder* dicatat harga amplitudo atau accelerasinya



(a)



(b)

Gambar 7. Penempatan tranduser pada dinding casing pompa, (a) sisi horizontal, (b) sisi vertikal pompa

- baik pada posisi vertikal ataupun horisontal pada badan pompa
6. Hasil perekaman getaran pada *tape recorder* diulang-ulang dan disesuaikan dengan data yang dicatat kemudian dianalisis menggunakan komputer dengan cara memilih secara acak tren kavitasi yang ditampilkan dilayar monitor kemudian tren yang dipilih tersebut dapat di plot dengan printer.
  7. Langkah berikutnya sama persis dengan variasi tekan perbedaan hanya pada pengaturan tekanan di pipa isap dilakukan dengan menutup secara perlahan-lahan katub isap dari tangki hisap sampai didapatkan nilai kecepatan aliran dengan mengatur besarnya debit aliran sesuai yang diharapkan. Variasi tekanan di pipa isap diambil secara acak sebanyak lima kali.

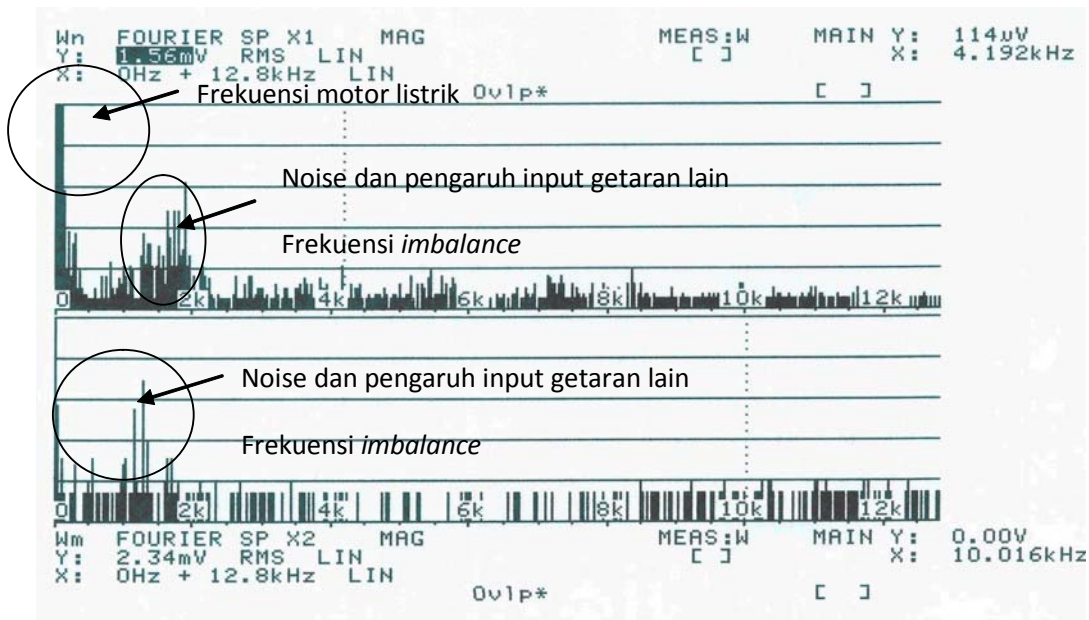
menjadi beberapa fase, antara lain fase *inception cavitation*, *constans cavitation*, *maximum cavitation* dan *choked cavitation*. Agar dapat mendefinisikan kavitasi pompa pada tiap-tiap fase pengukuran maka proses analisis memerlukan acuan. Parameter untuk menentukan acuan adalah hasil pengukuran dari spektrum yang memiliki perbedaan secara umum dengan hasil pengukuran fase yang lain. Hasil perbandingan didapatkan bahwa fase *inception cavitation* merupakan acuan pembandingan terhadap hasil pengukuran yang lain. Perhitungan frekuensi alami pada masing-masing *input* getaran juga perlu dilakukan untuk mengetahui letak frekuensi *imbalance* dan karakteristik frekuensi aliran.

#### a. Analisis Hasil Spektrum Frekuensi

Pada awal penganalisaan data pada pompa sentrifugal perlu diperhatikan bahwa berada pada satu kedudukan dengan motor dan dihubungkan dengan perantara *pulley* dan *belt* maka untuk analisa awal diperlukan analisa getaran

## HASIL DAN PEMBAHASAN

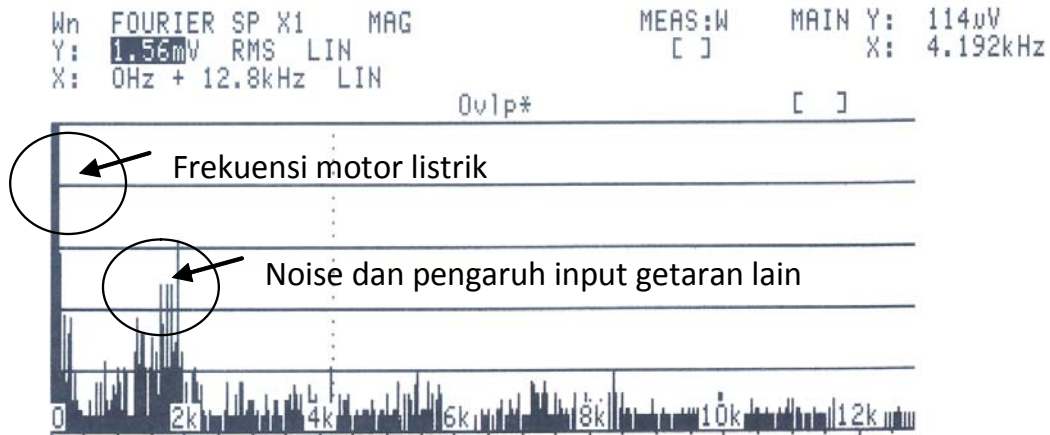
Hasil pengukuran respon sinyal (spektrum) getaran pada pompa dibagi



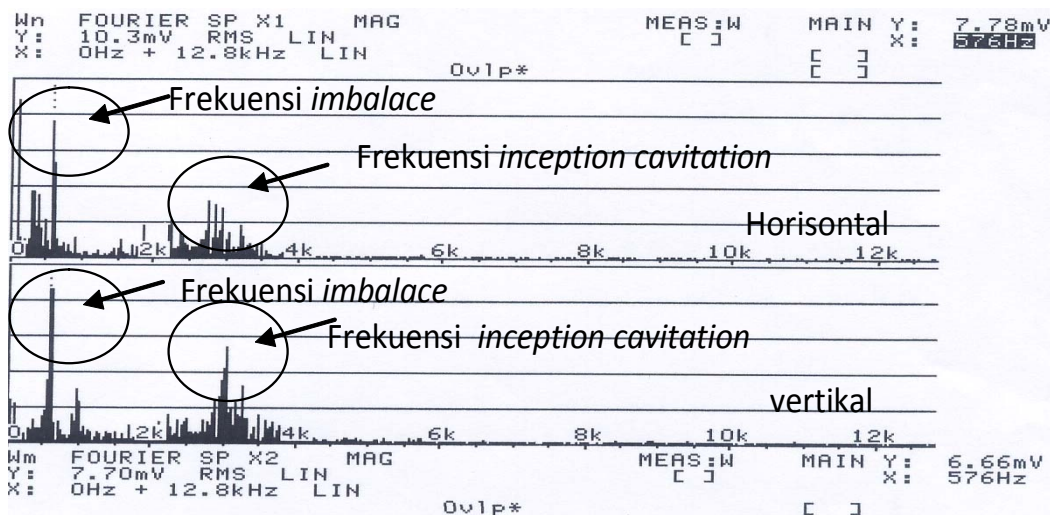
Gambar 8. Spektrum frekuensi motor listrik

untuk pompa sentrifugal dan motor listrik serta frekuensi yang dipengaruhi *pulley*, *belt* dan *impeler*. Pengambilan data awal diambil pada saat motor listrik belum dihubungkan dengan pompa dan didapatkan

hasil pengukuran dengan respon getaran sebagaimana yang ditunjukkan dengan gambar dibawah ini, dengan spektrum X1 untuk sisi horisontal motor dan X2 untuk sisi vertikal motor.



Gambar 9. Spektrum frekuensi motor listrik dan pompa tanpa aliran pada 2600 rpm.



Gambar 10. Spektrum getaran pompa dengan aliran sebelum *head* statik = 0

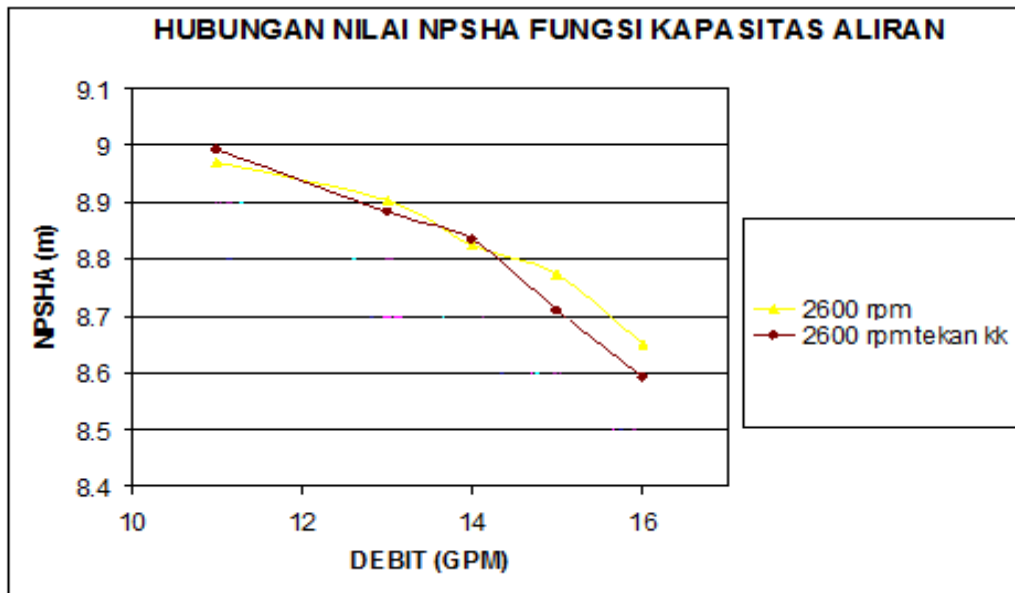
Gambar. 11. spektrum *constans cavitation*

Pada gambar 10. menunjukkan adanya input getaran pada rentang 2000-4000 Hz baik pada sisi vertikal maupun horizontal, dengan amplitudu tertinggi berada pada frekuensi 3000 Hz, jika dibandingkan

dengan gambar 9, maka terjadi peningkatan frekuensi ditunjukkan dengan pergeseran letak puncak amplitudunya yaitu dari 2000 Hz menjadi 3000 Hz, yang diduga kuat berasal frekuensi aliran.

**b. Perhitungan Nilai NPSH Instalasi (yang tersedia)**

Gambar 12. Grafik hubungan nilai NPSHA terhadap debit aliran pada variasi katup tekan.



Gambar 13. Grafik hubungan nilai NPSHA terhadap debit aliran pada variasi katup hisap.

Untuk variasi hisap berbalik dengan variasi tekan dari grafik dapat diterangkan bahwa dengan penambahan putaran motor nilai NPSH justru semakin turun tetapi pengaruh perubahan debit terhadap penurunan NPSHnya. Sehingga faktor yang lebih dominan untuk menentukan kavitas adalah peningkatan debit aliran atau kecepatan alirannya.

c. **Perbandingan spektrum pada hasil pengukuran dengan variasi debit**

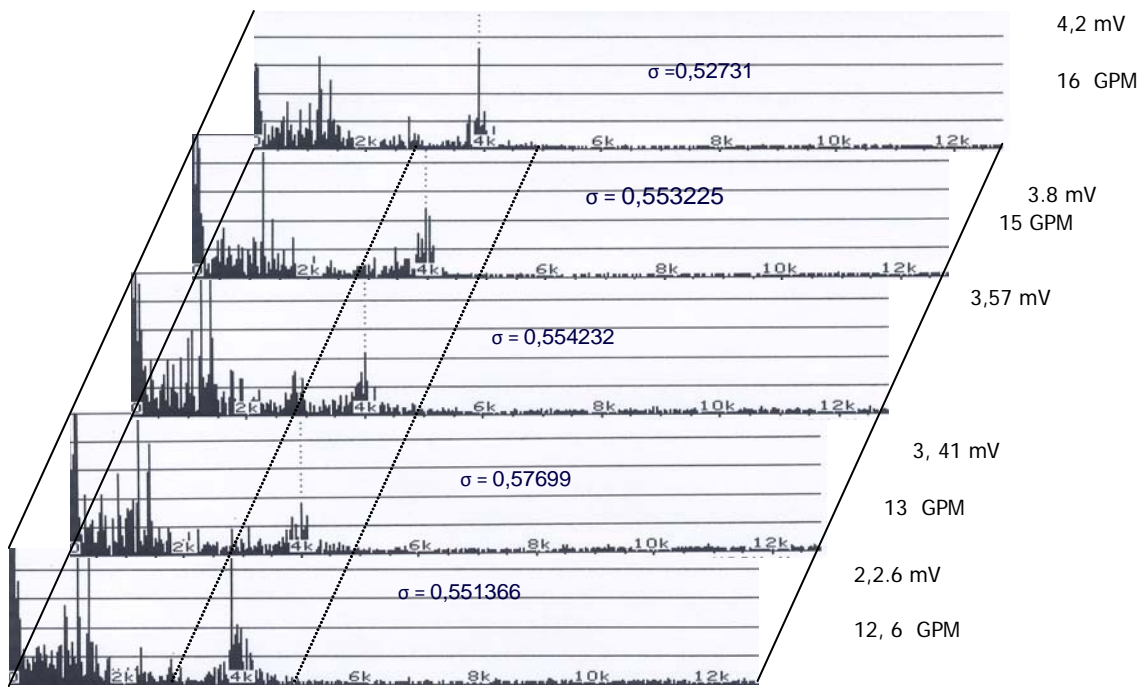
Dari hasil pengukuran dan perhitungan data awal yang kemudian diperoleh bilangan kavitas dan beberapa terhadap fungsi pengukuran yang lain, seperti terlihat pada gambar 14.

Tabel 1. Hasil perhitungan dan pengukuran untuk putaran 2600 variasi tekan.

debit(GPM)	V(m/dt)	T	Pvp(N/m <sup>2</sup> )	$\rho$ vp(N/m <sup>2</sup> )	p in(N/m <sup>2</sup> )	p out(N/m <sup>2</sup> )
16	1.992852	28.2	3851.2	996.56	-35907.84	14709.9
15	1.868299	28.25	3862	996.575	-31918.08	24516.5
14	1.743746	28.4	3894.4	996.62	-29258.24	29419.8
13	1.619192	28.5	3916	996.65	-26066.432	34323.1
11	1.370086	28.6	3937.6	996.68	-21810.688	39226.4

H tot	NPSH tsd	kecspes	$\sigma$	Frek,terukur	RMS accH	Frek,terukur	RMS accV
8.3393272	8.4807708	2104.7	1.016961	4.032	23.4	3904	2.63
8.5806829	8.5528313	1980.547	0.996754	4.084	22	3.904	2.2
8.4703361	8.6213791	1938.316	1.017832	4.112	18.3	3920	1.9
8.3316602	8.6850788	1898.897	1.042419	4.11	17.7	3904	1.58
7.8216402	8.8082215	1860.629	1.126135	4.213	7.35	3.856	1.37



Gambar 14. Spektrum frekuensi pompa pada 2600 rpm pada sisi horisontal

Gambar 15: Spektrum frekuensi pompa pada putaran pompa 2600 rpm pada sisi horisontal

Dari gambar 14 rentang frekuensi pompa sisi horisontal dengan putaran 2600 rpm, kavitasi pompa terdeteksi pada 3000-5000Hz. Rentang frekuensi yang diperoleh berada pada 4000 Hz dengan debit aliran terkecil dan 4316 Hz pada debit 15 GPM.

Besarnya intensitas kavitasi pada sisi vertikal terukur lebih kecil dari pada saat pengukuran posisi horisontal, ditandai dengan kenaikan amplitudo pada 2,36 – 4,3 mV. Semakin banyak gelembung uap yang muncul pada sisi *discharge* akan menunjukkan intensitas kavitasi pada pompa meningkat dengan disertai suara bising. Jika dibandingkan pengukuran pada putaran sebelumnya, maka pada putaran 2600 rpm terjadi peningkatan frekuensi walaupun hanya sedikit yaitu dari 4260 Hz menjadi 4426 Hz, tetapi perlu diperhatikan juga bahwa pengambilan data masih bersifat *random*.

Hal ini memberikan gambaran secara jelas bahwa diduga peningkatan frekuensi kavitasi terjadi karena putaran pompa yang semakin tinggi dan secara empiris bahwa fase kavitasi pompa sentrifugal pada penelitian ini masih berada pada daerah yang aman dari serangan fenomena kavitasi sehingga belum terjadi peningkatan frekuensi secara signifikan.

## KESIMPULAN

1. Peningkatan kecepatan pompa dan kecepatan aliran mengakibatkan semakin turunnya tekanan aliran disisi isap pompa. Intensitas kavitasi terukur pada respon getaran dengan rentang frekuensi 3800–4500 Hz.
2. Perbandingan intensitas getaran yang timbul pada sisi horisontal lebih tinggi daripada sisi vertikal. Sehingga prediksi kerusakan terbesar akibat kavitasi adalah bagian sisi muka impeler dan muka casing pompa.
3. Getaran karena *imbalance* terletak pada frekuensi yang lebih kecil dibanding frekuensi pada kavitasi pompa.
4. Modifikasi pada kerusakan impeler ternyata mempengaruhi besarnya getaran pada pompa. Frekuensi terukur yang sebelumnya berada pada rentang 3800- menjadi 4300 Hz menurun yaitu frekuensi berada kurang dari 4000 Hz ditambah dengan munculnya amplitudo pada frekuensi sekitar 1000 Hz yang muncul secara kontinyu.
5. Dari pernyataan tersebut dapat disimpulkan bahwa akibat erosi kavitasi menyebabkan getaran pompa menjadi lebih besar, karena dengan erosi kavitasi dapat memicu munculnya getaran-getaran baru yang berasal dari pengaruh turbulensi yang besar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2004, *Evaluasi lubang kavitasi pada turbin air pompa tando dan pompa turbin*, SNI 04-7023, Badan Standarisasi Nasional, [www.engineering.usu.edu/cee/SNI/Cavitation](http://www.engineering.usu.edu/cee/SNI/Cavitation). (5/2/2006/10:07 PM)
- Effendy M., Adi W., Pratomio B., 2004, *Pemodelan Sistem Getaran Kendaraan dan Rancang Bangun Digital Signal Analyzer*, Fakultas Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta

- Goldman Steve, 1999, *Vibration Spectrum Analysis*, Edisi Kedua, Industrial Press Inc., New York
- Harahap Z., 1993, *Pompa dan Blower Sentrifugal*, Erlangga Jakarta.
- Ing. A. Nouwen, 1994, *Pompa 2*, jilid 2, Bhratara, Jakarta
- Jensen, J., Dayton, K., 2000, *Detecting Cavitation in Centrifugal Pumps*, ORBIT, Second quarter 2000, Research & Development, Nevada Corporation.
- Kelecyc, Franklyn J, 2003, *Numerical Prediction of Cavitation in a Centrifugal Pump*, Volume 2, No. 3-Desember 2003, journal of Darmstadt University of Technology as reported by Hofmann et al. in Refs
- Kim,B.C 1998, *Effect of Cavitation and plate thickness on Small DiameterRatio*, journal of Flow Meas Instrum, Elsevier Science, Great Britain
- Kimura, 1995, *Hydrodynamic Characteristic of Butterfly valve Prediction Of Pressure loses characteristic*, Elsevier Science, Great Britain
- M. olson, Wright, 1993, *Dasar-dasar Mekanika Fluida Teknik*, edisi kelima, Gramedia pustaka Utama, Jakarta.
- Prasetyo, Adi, 2005, *Pengaruh variasi sudut sudu keluar impeler terhadap unjuk kerja dan kavitasi pompa*, Tugas Akhir Teknik Mesin, UMS
- Rahman, Rakhim dkk, 1998, *Teori Getaran*, UPN"Veteran", Jakarta
- Rahmeyer,dkk, 2006, *Calibration And Verivication of cavitation Tersting Facilities using Oriffice*, [www.enginering.usu.edu/cee/SNI/Cavitation](http://www.enginering.usu.edu/cee/SNI/Cavitation). (7/22/2006/022:04 AM)
- Stepanof, Alexey, 1952, *Centrifugal and Axial Pump, Teory design and application*, edisi ke 3, Hapman & Hall, New York
- Sularso, Haruo T, 1994, *Pompa dan Kompresor Pemilihan Pemakaian Pemilihan*, Pt Pradnya Paramita, Jakarta.
- Suyanto, Irham, 2005, *Mendeteksi kavitasi pompa sentrifugal dengan vibrasi dan visualisasi*, Jurnal Teknik, Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surabaya, Surabaya.
- Taufik, 2003, *Studi Eksperimental Kavitasi Pompa Sentrifugal*, Tugas Akhir, Teknik Mesin, Universitas Sepuluh November, 2003
- Yuli, T.S. [2003], *Studi Eksperimen Identifikasi kavitasi pada elbow 90° berdasarkan spektrum getaran dan tingkat kebisingan*, Tugas Akhir Teknik Mesin, ITS.