



**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**DETEKSI KAVITASI POMPA SENTRIFUGAL DENGAN  
ANALISIS SINYAL GETARAN**

**TUGAS SARJANA**

**FELLY ANTA**

**L2E 008 040**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**SEMARANG**

**MARET 2013**

## HALAMAN TUGAS AKHIR

Diberikan Kepada Nama : Felly Anta

NIM : L2E 008 040

Dosen Pembimbing : Dr. Achmad Widodo, ST, MT

Dr.Ir.Dipl.Ing.Berkah Fajar TK

Jangka Waktu : 8 (delapan) bulan

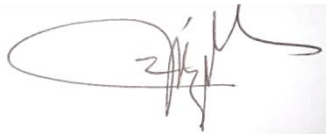
Judul : **Deteksi Kavitasi Pompa Sentrifugal Dengan Analisis Sinyal Getaran**

Isi tugas

1. Mengetahui fenomena getaran yang terjadi pada pompa sentrifugal pada saat terjadi kavitasi pada beberapa kondisi dengan memvariasikan tutupan katub luaran tangki.
2. Mengetahui perbedaan fenomena getaran dalam kondisi normal dan kondisi kavitasi melalui perbandingan domain waktu dan domain frekuensi.
- 3 Mengetahui perbedaan fenomena kavitasi melalui grafik perbandingan NPSH dengan *head* dan debit aliran pompa.

Semarang, 15 Maret 2013

Pembimbing I



Dr. Achmad Widodo, ST,MT  
NIP.197307021999031001


Pembimbing II



Dr.Ir.Dipl.Ing.Berkah Fajar TK  
NIP. 195907221987031003

## PERNYATAAN ORISINILITAS

Tugas Akhir ini adalah hasil karya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.

NAMA : Felly Anta  
NIM : L2E 008 040  
Tanda Tangan :   
Tanggal : 15 Maret 2013

## HALAMAN PENGESAHAN

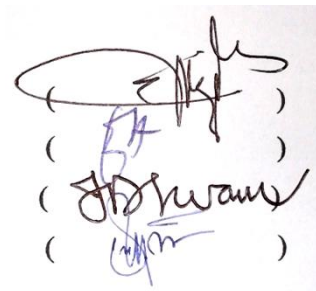
Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Felly Anta  
NIM : L2E 008 040  
Jurusan/ Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Skripsi : Deteksi Kavitas Pompa Sentrifugal Dengan Analisis Sinyal Getaran.

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

### TIM PENGUJI

Pembimbing I : Dr. Achmad Widodo, ST,MT  
Pembimbing II : Dr.Ir.Dipl Ing Berkah Fajar TK  
Penguji : Dr. Joga Dharma Setiawan, Msc  
Penguji : Dr. Syaiful, ST, MT



Semarang, 15 Maret 2013  
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Sulardjaka, ST, MT  
NIP. 197104201998021001

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

---

Sebagai civitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Felly Anta  
NIM : L2E 008 040  
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin  
Departemen : Universitas Diponegoro  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Non eksklusif** (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**Deteksi Kavitasi Pompa Sentrifugal Dengan Analisis Sinyal Getaran**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang  
Pada Tanggal : 15 Maret 2013

Yang menyatakan



Felly Anta  
NIM. L2E 008 040

**Siapa yang bersungguh-sungguh pasti akan sukses**  
**Siapa yang bersabar pasti akan beruntung**

**Tugas Akhir ini kupersembahkan kepada:  
Kedua orang tuaku (Alm. Bapak Kumwantoro dan Ibu Endang Wiharti)  
Kakakku (Defi Purnamasari)  
Adikku (Fergiwan Dwi Feriantoro dan Feby Adianta)  
Terkasih (Fitriani Sholichah)**

## ABSTRACT

*Cavitations is a phenomenon of the centrifugal pump in operation abnormality where the steam phase change occurred in the bulk fluid. These changes caused by the decrease in pressure on the suction side of the pump. Cavitations is one of the serious problems at the pump and can potentially cause a failure in terms of mechanical, for example; impeller, bearings, shaft and motor. On centrifugal pump cavitations can occur on the side of the pump and the suction turbine vanes pumps. An indication of the onset of cavitations bubbles is steam, accompanied by soaring levels of vibration and noise. Effects of cavitations on pump is a decline in performance and even damage to the pump impeller. This study discusses the diagnosis of cavitations in centrifugal pump by using vibration signal. In this study, cavitations is made by means of varying the suction openings valve then the vibration that occurs is measured by sensors for vibration analysis. The measurement is carried out on the pump with rotating speed of 1400 rpm, 2400 rpm, 3000 rpm and 3600 rpm as well as variations of the external valve tank is 0°, 30°, 45° and 60°. Pump vibration condition before and after the onset of cavitations in comparison to find out how big the influence of cavitations. The emergence of the phenomenon of cavitations is characterized by an increase in amplitude of the dominant frequency between 300 Hz to 450 Hz valve openings at 60 and 3600 rpm spin speed. From the results of the measurements obtained the higher rotation of the pump and the low pressure in the suction side of the pump causing a rise in the intensity of cavitations is generated.*

**Keywords:** *machine faults diagnostic, centrifugal pumps, cavitations, vibration*



## **ABSTRAK**

Kavitasi merupakan fenomena ketidaknormalan operasi pada pompa sentrifugal dimana terjadi perubahan fase uap pada fluida yang mengalir. Perubahan tersebut diakibatkan oleh penurunan tekanan pada sisi isap pompa. Kavitasi merupakan salah satu masalah yang serius pada pompa dan dapat berpotensi menyebabkan serangkaian kegagalan dalam hal mekanis, impeller, bantalan, poros, motor. Pada pompa sentrifugal kavitasi dapat terjadi pada sisi isap pompa dan sudu pompa. Indikasi kavitasi adalah timbulnya gelembung-gelembung uap, getaran dan suara bising. Dampak kavitasi pada pompa adalah turunnya unjuk kerja dan kerusakan pada impeller pompa. Penelitian ini membahas diagnosa kavitasi pada pompa sentrifugal dengan memanfaatkan sinyal getaran. Pada penelitian ini, kavitasi dibuat dengan cara memvariasikan bukaan katub hisap kemudian getaran yang terjadi diukur dengan sensor getaran untuk keperluan analisis. Pengukuran dilakukan pada pompa dengan kecepatan putar 1400 rpm, 2400 rpm, 3000 rpm dan 3600 rpm serta variasi katup luaran tanki adalah  $0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$  dan  $60^\circ$ . Kondisi getaran pompa sebelum dan setelah terjadinya kavitasi dibandingkan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh kavitasi tersebut. Munculnya fenomena kavitasi ditandai dengan peningkatan amplitudo pada frekuensi dominan antara 300 Hz sampai 450 Hz pada bukaan katup  $60^\circ$  dan kecepatan putar 3600 rpm. Dari hasil pengukuran didapatkan semakin tinggi putaran pompa dan semakin rendahnya tekanan di sisi hisap pompa menyebabkan naiknya intensitas kavitasi yang dihasilkan.

**Kata Kunci:** diagnosa kerusakan mesin, pompa sentrifugal, kavitasi, getaran

## **PRAKATA**

Dari penelitian tentang las titik yang telah penulis lakukan, akhirnya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Deteksi Kavitas Pompa Sentrifugal Dengan Analisis Sinyal Getaran”.

Pada kesempatan ini, dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Dr. Achmad Widodo, ST, MT selaku dosen pembimbing I, yang telah membimbing penulis dengan penuh kesabaran dalam menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Dr.Ir.Dipl.Ing Berkah Fajar TK selaku dosen pembimbing II yang telah banyak memberikan bantuan, masukan dan petunjuk yang bermanfaat.
3. Dr. Joga Dharma Setiawan, Msc selaku dosen penguji yang telah banyak memberikan bantuan masukan dan petunjuk yang sangat bermanfaat.
4. Dr. Syaiful, ST, MT selaku dosen penguji yang telah banyak memberikan bantuan masukan dan petunjuk yang bermanfaat.
5. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu demi kelancaran penyelesaian Tugas Akhir ini.

Akhir kata, penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, penulis membuka pintu selebar-lebarnya bagi sumbangan saran serta kritik yang bersifat membangun demi keberhasilan semuanya. Penulis berharap semoga karya ini dapat bermanfaat. Terima kasih.

Semarang, 15 Maret 2013

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN TUGAS AKHIR .....	2
PERNYATAAN ORISINILITAS.....	3
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	i5
ABSTRACT .....	8ii
ABSTRAK .....	viii
PRAKATA.....	9
DAFTAR ISI.....	11
DAFTAR GAMBAR .....	14
DAFTAR TABEL.....	17
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN.....	14ii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan.....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Metode Penelitian .....	3
1.5 Sistematika Penulisan .....	4
BAB II.....	5
DASAR TEORI .....	5
2.1 Latar Belakang.....	5
2.2 Pompa Sentrifugal .....	5
2.3 Kavitasi pada Pompa .....	5
2.3.1 Tekanan.....	6

2.3.2 Laju Aliran.....	8
2.3.3 Getaran.....	8
2.3.3.1 <i>Blade pass frequency</i> (BPF).....	9
2.3.3.2 Kavitasi .....	11
2.3.3.3 <i>Fast Fourier Transform</i> (FFT).....	12
2.4 <i>Condition Based Monitoring</i> .....	13
2.4.1 <i>Frequency domain</i> .....	13
2.4.2 <i>Time - frequency</i> .....	14
2.5 Tujuan Tinjauan Pustaka .....	15
BAB III .....	16
METODE PENELITIAN.....	16
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	16
3.2 Tinjauan Tentang <i>FFT Analysis</i> .....	17
3.3 Tinjauan Tentang <i>Sampling</i> dan <i>Aliasing</i> .....	17
3.4 Tinjauan Tentang <i>Windowing</i> .....	19
3.5 Peralatan Penunjang Dalam Penelitian.....	21
3.6 Prosedur Pengambilan Data.....	27
3.6.1 Pengambilan Data.....	27
3.6.2 Prosedur Pengambilan Data.....	28
BAB IV .....	30
HASIL DAN ANALISA.....	30
4.1 Data Akuisisi .....	30
4.2 Analisa Getaran Pompa Sentrifugal.....	30
4.3 Analisa NPSH, Debit Aliran dan <i>Head</i> Pompa Sentrifugal .....	48
4.3.1 Grafik debit aliran dengan <i>head</i> untuk pendekatan perhitungan .....	53

BAB V.....	54
PENUTUP.....	54
5.1 Kesimpulan.....	54
5.2 Saran .....	54
DAFTAR PUSTAKA .....	xviii
LAMPIRAN.....	ixx

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Perkiraan Pasar Baru Pompa Sentrifugal [1].....	2
Gambar 2.1 Pompa sentrifugal [2] .....	5
Gambar 2.2 Karakteristik kavitasi pompa [8] .....	8
Gambar 2.3 <i>Blade pass frequency</i> .....	10
Gambar 2.4 Kavitasi.....	11
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....	16
Gambar 3.2 Instalasi eksperimen pompa sentrifugal terjadinya kavitasi.....	17
Gambar 3.3 <i>Sampling rate</i> dan <i>alias wave</i> .....	18
Gambar 3.4 Prinsip <i>windowing</i> .....	19
Gambar 3.5 Fungsi <i>windowing</i> .....	20
Gambar 3.6 Macam-macam <i>windowing</i> .....	21
Gambar 3.7 <i>Machine faults simulator (MFS)</i> .....	21
Gambar 3.8 Pompa sentrifugal pengujian.....	22
Gambar 3.9 Sensor accelerometer.....	23
Gambar 3.10 <i>Inverter speed control</i> .....	23
Gambar 3.11 <i>Tachometer digital display</i> .....	24
Gambar 3.12 Laptop data akuisisi.....	24
Gambar 3.13 DAQ ( <i>Compact SpectraPAD</i> ) .....	25
Gambar 3.14 Kabel <i>Bayonet Naur Connector (BNC)</i> dan <i>Connector</i> .....	25
Gambar 3.15 Sumber arus.....	26
Gambar 3.16 Motor elektrik.....	26
Gambar 3.17 <i>Pressure gage</i> .....	27
Gambar 3.18 Motor elektrik.....	27
Gambar 3.19 Tangki dan katub.....	24
Gambar 4.1 Instalasi Eksperiment Pompa Sentrifugal .....	25
Gambar 4.2 Hasil pengukuran getaran amplitudo pada 1400 rpm dan 3600 rpm, tutupan katub 0°. .....	32

Gambar 4.3 Hasil pengukuran getaran frekuensi pada 1400 rpm dan 3600 rpm, tutupan katub 0° .....	33
Gambar 4.4 Hasil pengukuran getaran amplitudo pada 2400 rpm dan 3600 rpm, tutupan katub 0° .....	33
Gambar 4.5 Hasil pengukuran getaran frekuensi pada 2400 rpm dan 3600 rpm, tutupan katub 0° .....	34
Gambar 4.6 Hasil pengukuran getaran amplitudo pada 3000 rpm dan 3600 rpm, tutupan katub 0° .....	34
Gambar 4.7 Hasil pengukuran getaran frekuensi pada 3000 rpm dan 3600 rpm, tutupan katub 0° .....	35
Gambar 4.8 Hasil pengukuran getaran amplitudo pada 1400 rpm dan 3600 rpm, tutupan katub 30° .....	37
Gambar 4.9 Hasil pengukuran getaran frekuensi pada 1400 rpm dan 3600 rpm, tutupan katub 30° .....	37
Gambar 4.10 Hasil pengukuran getaran amplitudo pada 2400 rpm dan 3600 rpm, tutupan katub 30° .....	38
Gambar 4.11 Hasil pengukuran getaran frekuensi pada 2400 rpm dan 3600 rpm, tutupan katub 30° .....	38
Gambar 4.12 Hasil pengukuran getaran amplitudo pada 3000 rpm dan 3600 rpm, tutupan katub 30° .....	39
Gambar 4.13 Hasil pengukuran getaran frekuensi pada 3000 rpm dan 3600 rpm, tutupan katub 30° .....	39
Gambar 4.14 Hasil pengukuran getaran amplitudo pada 1400 rpm dan 3600 rpm, tutupan katub 45° .....	41
Gambar 4.15 Hasil pengukuran getaran frekuensi pada 1400 rpm dan 3600 rpm, bukaan katub 45° .....	42
Gambar 4.16 Hasil pengukuran getaran amplitudo pada 2400 rpm dan 3600 rpm, tutupan katub 45° .....	42
Gambar 4.17 Hasil pengukuran getaran frekuensi pada 2400 rpm dan 3600 rpm, tutupan katub 45° .....	43

Gambar 4.18 Hasil pengukuran getaran amplitudo pada 3000 rpm dan 3600 rpm, tutupan katub 45° .....	43
Gambar 4.19 Hasil pengukuran getaran frekuensi pada 3000 rpm dan 3600 rpm, tutupan katub 45° .....	44
Gambar 4.20 Hasil pengukuran getaran amplitudo pada 1400 rpm dan 3600 rpm, tutupan katub 60° .....	45
Gambar 4.21 Hasil pengukuran getaran frekuensi pada 1400 rpm dan 3600 rpm, tutupan katub 60° .....	46
Gambar 4.22 Hasil pengukuran getaran amplitudo pada 2400 rpm dan 3600 rpm, tutupan katub 60° ..	47
Gambar 4.23 H Hasil pengukuran getaran frekuensi pada 2400 rpm dan 3600 rpm, tutupan katub 60° .....	47
Gambar 4.24 Hasil pengukuran getaran amplitudo pada 3000 rpm dan 3600 rpm, tutupan katub 60° .....	48
Gambar 4.25 Hasil pengukuran getaran frekuensi pada 3000 rpm dan 3600 rpm, tutupan katub 60° .....	48
Gambar 4.26 Grafik NPSH dengan <i>head</i> pada 1400 rpm pada kondisi normal. ....	49
Gambar 4.27 Grafik debit aliran dengan <i>head</i> pada 1400 rpm pada kondisi normal. ....	49
Gambar 4.28 Grafik NPSH dengan <i>head</i> pada 2400 rpm pada kondisi normal. ....	50
Gambar 4.29 Grafik debit aliran dengan <i>head</i> pada 2400 rpm pada kondisi normal. ....	50
Gambar 4.30 Grafik NPSH dengan <i>head</i> pada 3000 rpm pada kondisi normal. ....	51
Gambar 4.31 Grafik debit aliran dengan <i>head</i> pada 3000 rpm pada kondisi normal. ....	51
Gambar 4.32 Grafik NPSH dengan <i>head</i> pada 3600 rpm pada kondisi kavitasi. ....	52
Gambar 4.33 Grafik debit aliran dengan <i>head</i> pada 3600 rpm pada kondisi kavitasi. ....	53
Gambar 4.34 Grafik debit aliran dengan <i>head</i> pada variasi tutupan katub luaran tangki yang berbeda. ....	54



## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Bidang Penggunaan Pompa Sentrifugal.....	1
Tabel 3.1 Pengaturan data akuisisi <i>software VibraQuest</i> .....	28
Tabel 4.1 Data Pengukuran pada kondisi tutupan katub 0° .....	31
Tabel 4.2 Data Pengukuran pada kondisi tutupan katub 30° .....	35
Tabel 4.3 Data Pengukuran pada kondisi tutupan katub 45° .....	44
Tabel 4.4 Data Pengukuran pada kondisi tutupan katub 60° .....	39
Tabel 4.5 Nilai NPSH, debit aliran dan <i>head</i> pada 1400 rpm.....	49
Tabel 4.6 Nilai NPSH, debit aliran dan <i>head</i> pada 2400 rpm.....	51
Tabel 4.7 Nilai NPSH, debit aliran dan <i>head</i> pada 3000 rpm.....	52
Tabel 4.8 Nilai NPSH, laju aliran massa <i>head</i> pada 3600 rpm.....	53
Tabel 4.9 Nilai debit aliran dengan <i>head</i> pada tutupan katub 0° .....	54
Tabel 4.10 Nilai debit aliran dengan <i>head</i> pada tutupan katub 30° .....	55
Tabel 4.11 Nilai laju aliran massa dengan <i>head</i> pada tutupan katub 45° .....	55
Tabel 4.12 Nilai laju aliran massa dengan <i>head</i> pada tutupan katub 60° .....	55

## DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

<b>Notasi</b>	<b>Keterangan</b>	<b>Satuan</b>
<i>D</i>	diameter pipa	<i>m</i>
<i>d</i>	Diameter silinder	<i>m</i>
<i>f</i>	Frekuensi turbulen	<i>Hz</i>
<i>g</i>	grafitasi	<i>m/s<sup>2</sup></i>
<i>H</i>	Total Head	<i>m</i>
<i>his</i>	kerugian pompa	<i>m</i>
<i>hs</i>	head static, perbedaan ketinggian permukaan air dengan masukan pompa	<i>m</i>
<i>(NPSH)</i>	Net Positive Suction Head	<i>m</i>
<i>n1</i>	putaran motor kecil	<i>Rpm</i>
<i>n2</i>	putaran motor besar	<i>Rpm</i>
<i>Pa</i>	Tekanan Atmosphere	<i>Pascal</i>
<i>Pd</i>	Tekanan luaran pompa	<i>Pascal</i>
<i>Ps</i>	Tekanan masukan pompa	<i>Pascal</i>
<i>Pv</i>	Tekanan uap jenuh pada suhu 25° C	<i>Pascal</i>
<i>Q</i>	Debit aliran	<i>m<sup>3</sup>/s</i>
<i>St</i>	Strouhal Number	<i>0,21</i>
<i>V</i>	Laju aliran pompa	<i>m/s<sup>2</sup></i>
<i>ρ</i>	Massa jenis	<i>Kg/m<sup>3</sup></i>