

**METODE DETEKSI FENOMENA KAVITASI PADA POMPA
SENTRIFUGAL BERBASIS DOMAIN FREKUENSI SINYAL
GETARAN**

**CAVITATION DETECTION METHOD ON CENTRIFUGAL
PUMP USING FREQUENCY DOMAIN OF VIBRATION
SIGNAL**

Tugas Akhir



**Disusun Oleh:
KURNIADY SYAFUTRA
20130130373**

**PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
YOGYAKARTA
2017**

**HALAMAN PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**METODE DETEKSI FENOMENA KAVITASI PADA POMPA
SENTRIFUGAL BERBASIS DOMAIN FREKUENSI SINYAL GETARAN**

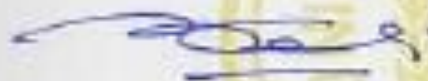
**Diajukan dan Disusun Oleh:
Kurniady Syafutra
20130130373**

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji

Pada Tanggal 09-08-2017

Yang terdiri dari:

Dosen Pembimbing I



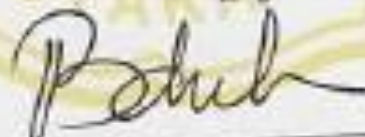
**Berli P. Kamiel, S.T., M.M., M.Eng Sc., Ph.D.
NIK.19740302 200104 123 049**

Dosen Pembimbing II



**Sunardi, S.T., M.Eng.
NIK.19770210 201410 123 068**

Dosen Penguji



**Muh. Budi Nur Rahman, S.T., M.Eng.
NIP.19790523 200501 1 001**

**Tugas akhir ini telah dinyatakan sah sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik**

Tanggal 23/02/17

Mengesahkan,

**Ketua Prodi S-I Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta**



**Novi Caroko, S.T., M.Eng.
NIP.19791113 200501 1 001**

PERNYATAAN

Dengan ini saya,

Nama : Kurniady Syafutra

Nomer Induk Mahasiswa : 20130130373

Menyatakan bahwa tugas akhir ini dengan judul “***METODE DETEKSI FENOMENA KAVITASI PADA POMPA SENTRIFUGAL BERBASIS DOMAIN FREKUENSI SINYAL GETARAN***” tidak terdapat karya yang pernah di ajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan dalam naskah dan daftar pustaka.

Yogyakarta, 8 Agustus 2017

Kurniady Syafutra

MOTTO

“No matter how small you start, always dream big and act bigger”

...

خَيْرُ النَّاسِ أَنْفَعُهُمُ النَّاسِ

“Sebaik-baik manusia adalah yang paling bermanfaat bagi manusia yang lain.”

(HR. Ahmad, ath-Thabrani, ad-Daruqutni)

...

“Jika kamu berbuat baik, berarti kamu berbuat baik untuk dirimu sendiri, dan jika kamu berbuat jahat, maka kerugian kejahatan itu untuk dirimu sendiri...”

(QS. Al-Isra:7)

PERSEMBAHAN

Saya persembahkan tugas akhir ini teruntuk:

Orang Tuaku

Papa Syafrul Ahmadi dan Mama Nur'aini

Untuk seluruh kasih sayang, cinta, semangat, motivasi dan dukungannya yang tiada ternilai sepanjang hayat untuk anakmu ini.

Kakak dan Adikku

Nugraha Syafutra, Ilham Syafutra, dan Wahyu Pramudya Syafutra

Untuk seluruh dukungannya yang selalu mengingatkan dan memotivasi agar menyelesaikan tugas akhir ini.

Kerabat, Sahabat, dan Guruku

Terima kasih untuk segala pengalaman, motivasi, saran, dan ilmu yang bermanfaat.

INTISARI

Kavitasi merupakan salah satu faktor yang menyebabkan turunnya *performance* pada pompa sentrifugal. Pada pompa sentrifugal kavitasi dapat terjadi pada sisi isap pompa dan impeler pompa. Indikasi terjadinya kavitasi adalah timbulnya gelembung-gelembung uap, getaran dan bising pada pompa tersebut. Kavitasi dapat mempengaruhi kinerja pada pompa yang mengakibatkan kerusakan komponen bagian dalam pompa. Kerusakan tersebut dapat merugikan proses produksi dan membutuhkan biaya perawatan yang cukup besar. Dalam dunia industri, apabila komponen mesin-mesin yang digunakan memiliki kondisi yang baik maka tingkat produktivitas industri akan tinggi. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu metode untuk mendeteksi kavitasi pada pompa sentrifugal. Penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan metode mendeteksi kavitasi pada pompa sentrifugal berbasis domain frekuensi sinyal getaran dengan mekanisme hambatan tutupan katup yang dapat menyebabkan kavitasi.

Pada penelitian ini, kavitasi dideteksi menggunakan sinyal getaran yang diperoleh dari *accelerometer* Brüel & Kjær tipe 4507 B. Data yang diperoleh ditransformasikan kedalam domain frekuensi (spektrum) menggunakan *Fast Fourier Transform* (FFT). Spektrum ini kemudian dibandingkan dengan spektrum yang diperoleh dari kondisi pompa tanpa kavitasi. Variasi kondisi operasi pompa yang digunakan penelitian ini adalah variasi tutupan katup yang memberikan hambatan sehingga aliran menjadi turbulen dan menciptakan kavitasi. Variasi tersebut sebagai mekanisme untuk membentuk level kavitasi pada instalasi pengujian. Variasi tutupan katup terdiri dari katup dengan tutupan 360°, katup tutupan 720°, katup tutupan 1080°, dan katup tutup 1440°.

Hasil penelitian menunjukkan fenomena kavitasi pada pompa sentrifugal dapat dideteksi dengan menggunakan metode analisis sinyal getaran berbasis domain frekuensi. Indikasi kavitasi terlihat karena adanya kenaikan nilai amplitudo pada frekuensi komponen dimana kavitasi terjadi seperti frekuensi poros (24.7 Hz) dan impeler pompa (149 Hz). Metode yang dikembangkan dapat mengindikasikan fenomena kavitasi di level kavitasi yang mulai terbentuk pada mata impeler. Karakteristik domain frekuensi (spektrum) kondisi pompa dengan kavitasi mengalami kenaikan nilai amplitudo signifikan pada frekuensi 24.7 Hz (f_0), 99.9 Hz ($4 \times f_0$) dan 149 Hz ($6 \times f_0$).

Kata kunci : pompa sentrifugal, kavitasi, domain frekuensi, *accelerometer*

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji dan syukur kehadirat Allah Subhanahu wa ta'ala yang telah melimpahkan segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir dan kegiatan perkuliahan di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Tidak lupa shalawat dan salam senantiasa kepada Baginda Nabi Besar Muhammad Shallahu'alaihi wasallam sehingga kita mendapat syafa'at di akhirat nanti. Alhamdulillah, tugas akhir ini selesai disusun sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana teknik di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Tugas akhir ini bertujuan mengembangkan metode deteksi kavitasi pada pompa sentrifugal sehingga dapat meminimalisir kerugian yang disebabkan. Menganalisis fenomena kavitasi yang terjadi pada pompa sentrifugal berbasis domain frekuensi (spektrum getaran) menggunakan *accelerometer*. Sehingga dapat mengetahui indikasi terjadinya kavitasi yang menjadi salah satu permasalahan dalam penggunaan pompa. Metode yang dilakukan dengan mekanisme tutupan katup yang memberikan hambatan untuk menciptakan aliran turbulen pada instalasi yang merupakan salah satu faktor penyebab kavitasi. Diharapkan metode yang dikembangkan dapat memberikan referensi dan cara mengetahui pompa yang mengalami kavitasi dari domain frekuensinya.

Selama proses penyusunan tugas akhir ini, penyusun memperoleh bantuan, bimbingan, saran, dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penyusun menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Keluarga atas segala dukungan biaya, moral, fasilitas, motivasi, kritik, semangat yang diberikan, dan yang selalu mendo'akan.
2. Zabir Agusti Maulana dan M. Sofyan Bagus Pratama selaku sahabat seperjuangan dalam masa perkuliahan, yang membantu dalam proses dan penyusunan tugas akhir ini hingga selesai. Selalu dan saling

memberi masukan, kritikan, motivasi, dan tenaganya yang bermanfaat untuk penyusun.

3. Bapak Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.M., M.Eng Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang sabar memberikan ilmu, waktu, arahan dan bimbingannya serta koreksi yang sangat bermanfaat dan berharga bagi penyusun dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak Sunardi, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing yang memberikan ilmu, waktu, arahan dan bimbingannya serta koreksi bermanfaat dan berharga bagi penyusun dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Bapak Muh. Budi Nur Rahman, S.T., M.Eng., sebagai dosen penguji. Terimakasih atas masukan, saran, dan koreksinya terhadap tugas akhir ini.
6. Bapak Jaza'ul Ikhsan, S.T., M.T., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
7. Bapak Novi Caroko, S.T., M.Eng., selaku Ketua Prodi S-1 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
8. Seluruh Dosen Teknik Mesin dan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, terima kasih atas bimbingan dan ilmu yang telah diberikan selama ini.
9. Pak Mujiana, Pak Joko, Pak Mujiarto selaku laboran Teknik Mesin Universitas Yogyakarta, terima kasih atas bantuan dan bimbingan dalam proses praktikum dan penggunaan alat lab yang telah diberikan selama ini.
10. Mbak Widy, Mbak Woro, Mbak Adel, Mbak Ana, Mbak Ita dan seluruh Staf karyawan Universitas Muhammadiyah Yogyakarta atas segala bantuan dan pelayanan akademik.
11. Mikail Maarif Lubis, Aulia Munira, Cut Masyitah Maydini, dan Nabawi sebagai sahabat yang selalu memberikan bantuan, motivasi, semangat, dukungan, kritik, saran, canda, dan tawanya kepada penyusun.

12. Intan Wijaya, Fabio Bagus Irawan, Muhammad Taufiq Akbar, teman-teman Himpunan Mahasiswa Mesin UMY, dan teman-teman Teknik Mesin khususnya angkatan 2013 yang selalu memberikan bantuan selama masa perkuliahan dan penyusunan tugas akhir ini.
13. Galih, Azhar, Faisal, Udin, Adi Sulaiman, Fajar selaku sahabat selama masa perkuliahan yang telah memberikan waktu, ilmu, bantuan, pengalaman, dan motivasi dalam suka-duka untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
14. Mas Wawan, Mas Hamid, dan Mas Agus selaku mentor desain yang telah memberi ilmu, pengalaman, dan bantuannya kepada penyusun.
15. Agam, Nufus, Faisal, Amik, Karman, Iwan, Eri, Mimi, Fara, Ermi, Diah, Zara, Sherly, dan Nanda selaku teman seperjuangan selama menjadi Tim KKN 120 Srunen (*Akamsi*) yang telah memberikan pengalaman berharga dan semangatnya kepada penyusun.

Demikian semua yang telah membantu dan berkontribusi dalam penyelesaian tugas akhir ini, semoga menjadi amal baik dan mendapat balasan yang lebih besar dari Allah Subhanahu wa ta'ala. Penyusun menyadari sepenuhnya bahwa tugas akhir ini ini masih jauh dari sempurna yang disebabkan keterbatasan penyusun. Dengan lapang hati penyusun menerima masukan demi perkembangan dan kemajuan pengetahuan di masa mendatang. Tugas akhir ini diharapkan menjadi ladang kebermanfaatn bagi penyusun dan bagi para pembaca. Aamiin Allahuma Aamiin.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 8 Agustus 2017

Kurniady Syafutra

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN	iii
MOTTO	iv
PERSEMBAHAN	v
INTISARI	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan	4
1.5 Manfaat	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Dasar Teori	6
2.2.1 Pompa Sentrifugal	6
2.2.2 Klasifikasi Pompa Sentrifugal	7
2.2.3 Bagian – Bagian Pompa Sentrifugal	8
2.2.4 Kavitasi	10
2.2.5 Jenis – Jenis Kavitasi	11
2.2.6 Penyebab Terjadinya Kavitasi	12
2.2.7 Aliran Fluida	14
2.2.8 <i>Maintenance</i>	15

2.2.9 <i>Condition Based Maintenance</i> (CBM)	15
2.2.10 Getaran	17
2.2.11 Sinyal Getaran	19
2.2.12 Analisis Sinyal Getaran	22
2.2.13 <i>Fast Fourier Transform</i> (FFT)	23
2.2.14 Akuisisi Data Sinyal Getaran	25

BAB III SIMULATOR KAVITASI DAN METODE AKUISISI DATA

3.1 Simulator Kavitasi Pompa Sentrifugal	34
3.2 Komponen Simulator Kavitasi Pompa Sentrifugal	35
3.3 Metode Akuisisi Data	43
3.4 Struktur Data	46

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian	48
4.2 Analisis	49
4.2.1 Spektrum pada Kondisi Normal	52
4.2.2 Perbandingan Spektrum Kondisi Normal - Variasi Tutupan Katup ...	52
4.3 Pembahasan	60

BAB V PENUTUP

5.1 Simpulan	65
5.2 Saran	65

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pompa Sentrifugal	7
Gambar 2.2 Bagian-Bagian Pompa Sentrifugal	8
Gambar 2.3 Fenomena Kavitasi pada Pompa Sentrifugal	11
Gambar 2.4 Aliran Laminer	14
Gambar 2.5 Aliran Transisi	14
Gambar 2.6 Aliran Turbulen	15
Gambar 2.7 Gerak Osilasi Suatu Sistem Pegas Massa	17
Gambar 2.8 Kurva-Kurva Percepatan, Kecepatan, Displasemen	19
Gambar 2.9 Standar Getaran menurut <i>ISO 10861-3</i>	21
Gambar 2.10 Plot Getaran Domain Waktu	22
Gambar 2.11 Plot Getaran Domain Frekuensi	23
Gambar 2.12 Skema Plot dalam FFT	25
Gambar 2.13 Transduser <i>Velocity</i>	26
Gambar 2. 14 Transduser <i>Displacement Non-Contact Eddy Current Probe</i>	26
Gambar 2.15 <i>Accelerometer</i>	27
Gambar 2.16 <i>Accelerometer</i> Tipe <i>Compression</i>	28
Gambar 2.17 <i>Accelerometer</i> Tipe <i>Shear</i>	28
Gambar 2.18 <i>Accelerometer</i> Tipe <i>Strain Gauge</i>	29
Gambar 2.19 Batas Frekuensi pada <i>Accelerometer</i>	30
Gambar 2.20 <i>Sampling Rate</i> dengan <i>Aliasing</i>	33
Gambar 3.1 Simulator Kavitasi Pompa Sentrifugal	34
Gambar 3.2 Lokasi Peletakan <i>Accelerometer</i>	35
Gambar 3.3 Pompa Sentrifugal Pengujian	36
Gambar 3.4 Motor Listrik Pengujian	36
Gambar 3.5 <i>Belt – Pulley</i>	37
Gambar 3.6 Pipa Akrilik	37
Gambar 3.7 Pipa dan Selang Instalasi	38
Gambar 3.8 Katup	38
Gambar 3.9 <i>Contact Tachometer</i>	39

Gambar 3.10 <i>Pressure Gauge</i>	39
Gambar 3.11 <i>Accelerometer</i>	40
Gambar 3.12 Kabel BNC dan <i>Connector</i>	40
Gambar 3.13 Modul NI 9234.....	41
Gambar 3.14 Modul Data Akuisisi yang Terpasang pada NI cDAQ-9174	42
Gambar 3.15 Laptop	42
Gambar 3.16 Tangki Penampungan Air Sirkulasi	43
Gambar 3.17 Diagram Alir Penelitian	46
Gambar 3.18 Skema Perekaman File Setiap Kondisi Percobaan	47
Gambar 4.1 (a) Plot Domain Waktu dan (b) Domain Frekuensi Kondisi Normal	48
Gambar 4.2 Plot Sinyal Getaran Domain Waktu dan Domain Frekuensi Variasi	
Kondisi Tutupan Katup	49
Gambar 4.3 Grafik Fluktuasi Nilai Amplitudo 10x Harmonik	50
Gambar 4.4 Plot Domain Frekuensi dengan Titik Puncak Dominan	52
Gambar 4.5 Perbandingan antara Domain Frekuensi Kondisi Normal (N) dengan	
Kondisi Tutupan Katup 360° (T1)	53
Gambar 4.6 Kondisi Instalasi Kavitas Level 1 (Tutupan Katup 360°)	54
Gambar 4.7 Perbandingan antara Domain Frekuensi Kondisi Normal (N) dengan	
Kondisi Tutupan Katup 720° (T2)	55
Gambar 4.8 Kondisi Instalasi Kavitas Level 2 (Katup Tutup 720°)	55
Gambar 4.9 Perbandingan antara Domain Frekuensi Kondisi Normal (N) dengan	
Kondisi Tutupan Katup 1080° (T3)	56
Gambar 4.10 Kondisi Instalasi Kavitas Level 3 (Katup Tutup 1080°)	57
Gambar 4.11 Perbandingan antara Domain Frekuensi Kondisi Normal (N) dengan	
Kondisi Tutupan Katup 1440° (T4)	58
Gambar 4.12 Kondisi Instalasi Kavitas Level 4 (Katup Tutup 1440°)	59
Gambar 4.13 Perbandingan Domain Frekuensi Kondisi Tutupan Katup	60

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sinyal Getaran pada Pompa Sentrifugal	20
Tabel 4.1 Hasil Frekuensi (Hz) – Amplitudo (mV) pada 10x Harmonik	51