

**HALAMAN PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**PENGARUH KECEPATAN OPERASI POMPA SENTRIFUGAL
TERHADAP SENSITIFITAS] [ODE DETEKSI FENOMENA
KAVITASI BERBASIS PARAMETER STATISTIK DOMAIN WAKTU**

Disusun Oleh:

**RAY SETIA RAMADHAN
20130130205**

Telah Dipertahankan Di Depan Tim Penguji
Pada Tanggal, 22 Agustus 2017

Susunan Tim Penguji:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Berli Paripurna Kamiel, Ph.D.
NIK. 19740302 200104 123049

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

Penguji

Sunardi, S.T., M.Eng.
NIK. 19770210 201410 123068

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

Tanggal, Agustus 2017

Mengesahkan

Ketua Program Studi Teknik Mesin

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

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : **Ray Setia Ramadhan**

NIM : **20130130205**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir yang berjudul: *Pengaruh Kecepatan Operasi Pompa Sentrifugal Terhadap Sensitifitas Deteksi Fenomena Kavitasi Berbasis Paramter Statistik Domain Waktu* adalah asli karya saya dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan sumbernya dalam naskah dan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, Agustus 2017

Ray Setia Ramadhan
201301030205

INTISARI

Kavitasi merupakan salah satu permasalahan yang menjadi perhatian utama pada pompa sentrifugal yang dapat menyebabkan kerusakan hingga kegagalan produksi pada dunia industri. Sehingga diperlukan pendeteksian dan diagnosis sendiri mungkin untuk menghindari permasalahan tersebut. Salah satu faktor yang dapat menyebabkan terjadinya kavitasi yaitu dapat dipengaruhi oleh kecepatan operasi yang digunakan pompa. Oleh karenanya, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui fenomena kavitasi yang dapat terjadi pada pompa sentrifugal serta mampu menggunakan metode deteksi dan membuktikan bahwa analisis parameter statistik domain waktu dapat digunakan dalam mendeteksi kavitasi terhadap pengaruh kecepatan operasi pompa sentrifugal.

Metode yang digunakan pada penelitian ini dalam mendeteksi kavitasi yaitu dengan menggunakan pemantauan sinyal getaran (*vibration monitoring*) berbasis parameter statistik domain waktu. Dengan memvariasikan kecepatan operasi pada 1000 RPM, 1200 RPM, 1400 RPM ... 2600 RPM serta variasi bukaan katup, kavitasi dideteksi dengan menganalisis perubahan level getaran pada parameter statistik seperti *Probability Density Function (PDF)*, *Variance*, *Standard Deviation*, *Root Mean Square (RMS)*, *Peak Value*, *Crest Factor* dan *kurtosis* pada simulasi kavitasi pompa sentrifugal.

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan parameter PDF, *Variance*, *Standard Deviation* dan RMS terbukti dapat mendeteksi kavitasi terhadap pengaruh perubahan kecepatan operasi pompa sentrifugal. Dimana, kondisi normal pompa diindikasikan dengan bertambahnya laju perkembangan level getaran yang sebanding dengan bertambahnya selisih kecepatan operasi pada kecepatan 1000-1600 RPM. Sedangkan kondisi kavitasi di indikasikan dengan membandingkan signifikannya kenaikan level getaran terhadap selisih laju perkembangan getaran pada kondisi normal. Sedangkan, penggunaan parameter nilai puncak (*peak value*), *Crest Factor* dan Kurtosis memiliki sensitifitas yang rendah dalam mendeteksi kavitasi sehingga diagnosis awal mula terjadinya kavitasi tidak dapat dilakukan.

Kata kunci: kavitasi, kecepatan operasi, *vibration monitoring*, parameter statistik, domain waktu

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarokatuh

Alhamdulillah robbal'alamin, puji syukur kehadiran Allah SWT yang atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan sebuah karya tulis ilmiah dengan judul '*Pengaruh Kecepatan Operasi Pompa Sentrifugal Terhadap Sensitifitas Deteksi Fenomena Kavitasi Berbasis Paramter Statistik Domain Waktu*' yang diajukan sebagai Tugas Akhir perkuliahan yang digunakan untuk salah satu persyaratan guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada program studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh yang dihasilkan oleh kecepatan operasi pada pompa sentrifugal terhadap sensitifitas yang dihasilkan oleh metode deteksi kavitasi. Dari hasil penelitian menunjukan bahwa dengan menggunakan parameter statistik domain waktu, kavitasi dapat terdeteksi mulai dari kecepatan 1600 RPM.

Dalam penyusunan dan penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis dengan senang hati menyampaikan terimakasih kepada yang terhormat:

1. Kedua orang tua yang telah mendukung, serta selalu setia mendengarkan keinginan anak dan mendoakan agar dapat selalu diberikan kesehatan, jalan yang baik serta kelancaran dalam menjalani perkuliahan.
2. Bapak Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing I yang selalu bijaksana memberikan bimbingan, nasehat serta waktunya selama penelitian dan penulisan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Muh. Budi Nur Rahman, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing II yang dengan sabar telah memberikan saran dan bimbingan selama penulisan Tugas Akhir.
4. Bapak Sunardi, S.T., M.Eng. selaku dosen penguji ujian pendadaran Tugas Akhir yang telah memberikan masukan, kritikan dan saran yang bermanfaat.

5. Bapak Mujijana selaku pengurus laboratorium FDM yang dengan sabar melayani dan banyak membantu selama pembuatan alat penelitian dari awal hingga akhir.
6. Staf Dosen Teknik Mesin – UMY yang telah membekali penulis dengan berbagai ilmu selama mengikuti perkuliahan sampai selesainya penulisan Tugas Akhir.
7. Rekan-rekan penelitian satu bimbingan yang telah banyak membantu dan memberikan masukan dari awal penelitian hingga akhir penulisan.

Akhir kata, semoga hasil dari penelitian ini ada manfaatnya, khususnya bagi penulsi dan umumnya bagi pembaca yang berminat pada bidang ilmu perawatan (*condition monitoring*) dalam rangka menambah wawasan pengetahuan dan pemikiran.

Yogyakarta, Agustus 2017
Penulis

Ray Setia Ramadhan
201301030205

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
INTISARI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN TEORI	6
2.1 Kajian Pustaka	6
2.2 Pompa Sentrifugal	9
2.2.1 Pompa Sentrifugal	9
2.2.2 Dasar Prinsip Kerja Pompa Sentrifugal	10
2.2.3 Konstruksi Mekanik pada Pompa Sentrifugal	11
2.2.4 Karakteristik Pompa Sentrifugal dan Sistem Pompa	14
2.3 Kavitas	17
2.3.1 Definisi Kavitas	17
2.3.2 Penyebab Kavitas Pada Pompa	18
2.3.3 Kerugian dari Kavitas	19
2.3.4 Kerusakan Pompa Sentrifugal disebabkan Kavitas	20
2.3.5 Pencegahan Kavitas	23
2.4 Deteksi Kavitas Dengan Pengukuran Getaran	24

2.4.1	Dasar Getaran.....	24
2.4.2	<i>Condition Based Monitoring</i>	27
2.4.3	Sensor Getaran	28
2.4.4	Teknik Akusisi Data.....	32
2.4.5	Pengolahan Sinyal Getaran dalam <i>Condition Monitoring</i>	34
2.5	Analisis Sinyal Getaran Berbasis Domain Waktu.....	37
2.6.1	Probability Density Function (PDF)	37
2.6.2	<i>Peak Value</i>	38
2.6.3	Standard Deviation (SD).....	39
2.6.4	Variance	39
2.6.5	Root Mean Square (RMS).....	40
2.6.6	Crest Factor	40
2.6.7	Kurtosis	41
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		42
3.1	Pendekatan Penelitian.....	42
3.2	Alur Penelitian.....	42
3.3	Desain dan Konstruksi Simulasi Kerusakan Pompa Sentrifugal.....	45
3.3.1	Keperluan Umum	45
3.3.2	Rig Uji.....	46
3.4	Sistem Pengukuran (Instrumentasi).....	48
3.4.1	<i>Tachometer Proximity Probe</i>	49
3.4.2	<i>Pressure Gauge</i> dan <i>Vacuum Gauge</i>	49
3.4.3	<i>Accelerometer Transducer</i>	50
3.4.4	Pengatur Kecepatan.....	51
3.4.5	Akusisi Data (NI 9234)	52
3.4.6	Pompa Sentrifugal.....	53
3.5	Model Rangkaian	54
3.6	Prosedur Pengambilan Data	56
3.7	Model Analisis	57
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		58
4.1	Spesifikasi Data	58

4.2	Analisis Domain Waktu	58
4.3	Analisis Parameter Statistik Domain Waktu.....	62
4.2.1	<i>Probability Density Function</i> (PDF).....	62
4.2.2	Varians	66
4.2.3	Standar Deviasi	68
4.2.4	<i>Root Mean Square</i> (RMS).....	70
4.2.5	<i>Peak Value</i>	72
4.2.6	<i>Crest Factor</i>	73
4.2.7	Kurtosis	75
4.4	Analisis Domain Frekuensi.....	76
4.5	Analisis Performa Deteksi Kavitas Parameter Statistik Domain Waktu	81
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		84
5.1	Kesimpulan.....	84
5.2	Saran.....	85
DAFTAR PUSTAKA		86
LAMPIRAN		89

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pompa Sentrifugal	9
Gambar 2. 2 Skema aliran pada pompa sentrifugal	10
Gambar 2. 3 Konstruksi mekanik pompa sentrifuga.....	11
Gambar 2. 4 (a) <i>semi-open impeller</i> ; (b) <i>open impeller</i>	12
Gambar 2. 5 Tipe-tipe <i>impeller</i>	12
Gambar 2. 6 Bentuk potongan dari rumah pompa	13
Gambar 2. 7 (a) lokasi dari <i>wearing</i> ; (b) jenis dari <i>wearing</i>	13
Gambar 2. 8 (a) Poros; (b) <i>Bearing</i>	14
Gambar 2. 9 Pompa sentrifugal berdasarkan jumlah <i>coupling</i> dan <i>impeller</i>	15
Gambar 2. 10 Pompa Sentrifugal berdasarkan posisi poros dan arah <i>suction nozzle</i>	16
Gambar 2. 11 Diagram <i>Equilibrium</i>	18
Gambar 2. 12 Pembentukan kavitasi karena penurunan tekanan.....	19
Gambar 2. 13 Tipikal kerusakan kavitasi pada <i>blade surface</i>	21
Gambar 2. 14 (a) kavitasi berupa pusaran; (b) kavitasi yang melekat pada permukaan <i>blade</i>	22
Gambar 2. 15 Kerusakan pada <i>leading edge impeller</i> tertutup.....	22
Gambar 2. 16 kerusakan <i>impeller</i> pada pompa <i>single-channel</i>	22
Gambar 2. 17 Erosi kavitasi pada <i>cutswater double volute</i>	23
Gambar 2. 18 (a) Dasar Getaran; (b) <i>plotting</i> getaran terhadap gelombang.....	25
Gambar 2. 19 perbandingan gelombang pada amplitudo yang berbeda	26
Gambar 2. 20 <i>Accelerometer</i>	29
Gambar 2. 21 Accelerometer jenis (a) <i>Uniaxial charge</i> ; (b) <i>Triaxial charge</i> ; (c) <i>uniaxial</i> (d) <i>Triaxial</i>	30
Gambar 2. 22 Contoh gelombang dari rendahnya kecepatan sampel	33
Gambar 2. 23 Aliasing pada spektrum (a) Spektrum original; (b) Distorsi spektrum karena <i>aliasing</i>	34
Gambar 2. 24 Hubungan antara domain waktu dan frekuensi.....	35
Gambar 2. 25 tipikal sinyal domain waktu	35

Gambar 2. 26 Contoh analisis spektrum kavitasi yang mengalami <i>noise</i> dengan <i>broadband</i>	36
Gambar 2. 27 Histogram dari PDF	38
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	43
Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian (Lanjutan)	44
Gambar 3. 3 Pompa dan motor pada rangka/meja	45
Gambar 3. 4 Spesifikasi motor listrik	45
Gambar 3. 5 simulator atau rig uji	47
Gambar 3. 6 Skema diagram konstruksi rig uji.	48
Gambar 3. 7 <i>Thacometer Proximity Probe</i>	49
Gambar 3. 8 (a) <i>Vacuum Gauge</i> ; (b) <i>Pressure Gauge</i>	50
Gambar 3. 9 <i>Accelerometer</i> tipe 4507 B seri 30171	51
Gambar 3. 10 Penempatan <i>accelerometer</i> pada <i>volute</i> pompa.	51
Gambar 3. 11 Inverter <i>LSIS, SV008iC5-1</i>	52
Gambar 3. 12 (a) Modul NI cDAQ-9174; (b) NI 9234 – 4 channel	53
Gambar 3. 13 Perangkat akuisisi data	53
Gambar 3. 14 konstruksi pompa sentrifugal	54
Gambar 3. 15 Skematik pengambilan data	55
Gambar 3. 16 Skematik pemasangan akuisisi data	55
Gambar 4. 1 Tipikal getaran pada domain waktu 1000-2600 RPM katup bukaan penuh.....	59
Gambar 4. 2 Tipikal getaran pada domain waktu 1000-2600 RPM katup bukaan setengah.....	60
Gambar 4. 3 Tipikal getaran pada domain waktu 1000-2600 RPM katup bukaan tigaperempat.....	61
Gambar 4. 4 Kepadatan probabilitas getaran dari domain waktu pada katup bukaan penuh kecepatan 1000-1600 RPM	63
Gambar 4. 5 Kepadatan probabilitas getaran dari domain waktu pada katup bukaan penuh.....	64
Gambar 4. 6 Kepadatan probabilitas getaran dari domain waktu pada katup bukaan setengah.....	64

Gambar 4. 7 Kepadatan probabilitas getaran dari domain waktu pada katup bukaan tigaperempat.....	65
Gambar 4. 8 Distribusi kepadatan probailitas pada tiga bukaan katup kecepatan 1000-1600 RPM.....	66
Gambar 4. 9 Distribusi nilai <i>variance</i> getaran pada set data.....	67
Gambar 4. 10 Grafik hubungan nilai <i>variance</i> dengan variasi kecepatan	68
Gambar 4. 11 Distribusi nilai standar deviasi getaran terhadap set data	69
Gambar 4. 12 Grafik hubungan nilai standar deviasi terhadap fungsi kecepatan .	70
Gambar 4. 13 Distribusi nilai RMS getaran terhadap set data.....	71
Gambar 4. 14 Grafik hubungan nilai RMS terhadap fungsi kecepatan	71
Gambar 4. 15 Distribusi nilai puncak terhadap set data.....	72
Gambar 4. 16 Grafik hubungan nilai puncak terhadap fungsi kecepatan	73
Gambar 4. 17 Distribusi nilai <i>crest factor</i> terhadap set data.....	74
Gambar 4. 18 Distribusi nilai kurtosis terhadap set data	75
Gambar 4. 19 Grafik hubungan nilai kurtosis terhadap domain waktu	76
Gambar 4. 20 Tipikal spektrum katup bukaan penuh 1000 RPM-1600 RPM.....	78
Gambar 4. 21 Tipikal spektrum katup bukaan penuh 1800 RPM-2400 RPM.....	79
Gambar 4. 22 Tipikal spektrum katup bukaan penuh 2600 RPM.....	80
Gambar 4. 23 Nilai puncak BPF pada domain frekuensi dari tiga bukaan katup 1000-2600 RPM.....	80

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Spesifikasi perpipaan rig uji.....	46
Tabel 3. 2 Komponen teknik dan pengukuran pada rig uji	47
Tabel 3. 3 Spesifikasi pengukuran tekanan.....	50
Tabel 3. 4 Spesifikasi pengatur kecepatan.....	52
Tabel 3. 5 Spesifikasi pompa sentrifugal Dong Dong	54
Tabel 3. 6 Spesifikasi parameter statistik pada perintah MATLAB	57
Tabel 4. 1 Nilai f_R dan BPF pada spektrum analisis 1000-2600 RPM.....	77

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Spesifikasi Akselerometer tipe 4507B seri 30171	88
Lampiran 2: Spesifikasi modul NI 9234	89
Lampiran 3: <i>Script</i> Matlab pengambilan data pada akusisi.	89
Lampiran 4: Contoh <i>script</i> pengolahan data mentah menjadi plot domain waktu	90
Lampiran 5: Contoh <i>script</i> fungsi pengolahan data dalam parameter PDF	91
Lampiran 6: Contoh <i>script</i> pengolahan data mentah menjadi data statistik domain waktu.....	96
Lampiran 7: Contoh <i>script plotting</i> data statistik bentuk distribusi terhadap set data	97
Lampiran 8: Contoh <i>script plotting</i> grafik hubungan antara nilai statistik terhadap fungsi kecepatan.....	97
Lampiran 9: Contoh <i>script</i> FFT	98