

**DIAGNOSA KETIDAKLURUSAN (*MISALIGNMENT*) POROS  
MENGUNAKAN METODE MULTICLASS  
*SUPPORT VECTOR MACHINE (SVM)***

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat  
Untuk memperoleh gelar  
Sarjana Teknik**



**Oleh:**

**WANTO**

**NIM. 1 0411040**

**JURUSANTEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET SURAKARTA**

**2017**

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Selama menyelesaikan skripsi ini penulis memperoleh banyak ilmu dan pengalaman yang dapat dijadikan bekal untuk masa depan penulis saat bekerja.

Dalam menyelesaikan tugas sarjana ini penulis banyak memperoleh bantuan, bimbingan, pengalaman, dan pelajaran yang sangat berharga dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas segala nikmat dan karunia-Nya.
2. Bapak R.Lulus Lambang, S.T., M.T. selaku pembimbing pertama skripsi.
3. Bapak Didik Djoko Susilo, S.T., M.T. selaku pembimbing kedua skripsi.
4. Orang tua, kakak, adik, dan keluarga besar atas kasih sayang, perhatian, doa, dan dukungan yang selalu diberikan kepada penulis.
5. Seluruh Dosen, Staf, dan Laboran Program Studi Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret.
6. Teman-teman teknik mesin angkatan 2011 untuk dukungan dan kebersamaannya.
7. Semua pihak yang telah memberikan bantuan, dukungan, dan nasihat selama ini kepada Penulis yang tidak bisa disebutkan satu - persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, masukan dan saran yang membangun sangat penulis terima. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya dan bagi pembaca pada umumnya. Akhirnya semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi segala pihak.

Surakarta, Januari 2017

Penulis

# DIAGNOSA KETIDAKLURUSAN (*MISALIGNMENT*) POROS MENGUNAKAN METODE *MULTICLASS* *SUPPORT VECTOR MACHINE* (SVM)

Wanto

I0411040

Mahasiswa Program Sarjana Teknik Mesin  
Universitas Sebelas Maret, Surakarta  
[wantowxyz@gmail.com](mailto:wantowxyz@gmail.com)

## Abstrak

Ketidaklurusan adalah kondisi penyimpangan dimana sumbu dari dua buah poros yang dikopel tidak segaris. Ketidaklurusan merupakan penyebab kegagalan yang sering terjadi pada mesin rotasi. Oleh karena itu, deteksi dan diagnosis ketidaklurusan pada mesin rotasi sangat penting agar kinerja mesin optimal. Tujuan penelitian ini adalah mendiagnosis ketidaklurusan poros dengan metode *Multiclass Support Vector Machine* (SVM). Sinyal getaran pada domain waktu dengan kondisi poros normal, ketidaklurusan paralel dan ketidaklurusan angular diperoleh dari pengukuran getaran pada *rig alignment* poros. Akselerometer digunakan untuk mengukur sinyal getaran dengan frekuensi *sampling* 20 khz pada putaran kerja 1000 rpm. 11 fitur statistik diekstraksi dari sinyal getaran yang diperoleh. Fitur tersebut adalah: median, RMS, *crest factor*, varian, kurtosis, *shape factor*, *impulse factor*, *skewness*, standar deviasi, *range* dan maksimum. *Principal Component Analysis* (PCA) digunakan untuk mereduksi dimensi variabel data *input* menjadi komponen utama yang berdimensi lebih kecil. *Multiclass SVM* dengan metode *One Against One* (OAO) dan kernel linier digunakan untuk mengklasifikasikan kondisi *alignment* pada poros. Hasil penelitian menunjukkan metode SVM yang digunakan mampu mendiagnosis kondisi ketidaklurusan, baik ketidaklurusan paralel maupun ketidaklurusan angular pada poros dengan performa yang baik yaitu akurasi mencapai 100 %.

**Kata Kunci:** *misalignment*, getaran, ekstraksi fitur, PCA, SVM

# DIAGNOSIS OF SHAFT MISALIGNMENT USING MULTICLASS SUPPORT VECTOR MACHINE (SVM)

Wanto

I0411040

Student of Undergraduate Program of Mechanical Engineering Department  
Sebelas Maret University, Surakarta

[wantowxyz@gmail.com](mailto:wantowxyz@gmail.com)

## **Abstract**

Misalignment is a condition where the centerlines of coupled shafts do not coincide. Misalignment is the commonly fault in rotating machinery. Therefore, detection and diagnosis of shaft misalignment in rotating machinery is crucial for its optimal performance. The purpose of research is to diagnose shaft misalignment using multiclass support vector machine (SVM). The time-domain vibration signals of shaft with normal, parallel misalignment and angular misalignment conditions were obtained from vibration measurement signals on shaft alignment rig. The accelerometer was used to measure vibration signals with a sampling frequency of 20 khz at the constant speed operation of 1000 rpm. 11 features were extracted from vibration signals. The features are: median, RMS, crest factor, variance, kurtosis, shape factor, impulse factor, skewness, range, standard deviation and maximum. The Principal Component Analysis (PCA) was applied for reduce the number of variables for data input to principal component with lower dimension. The multiclass SVM with One Against One (OAO) and linear kernel method in then used for classification. The result show that SVM can be used for diagnosis of misalignment, both parallel and angular misalignment of shaft with a good accuracy performance of 100%.

**Keyword:** *misalignment*, vibration, feature extraction, PCA, SVM

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	v
ABSTRACT .....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR LAMPIRAN .....	xi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 LatarBelakang .....	1
1.2 PerumusanMasalah .....	3
1.3 BatasanMasalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
BAB II LANDASAN TEORI .....	5
2.1 Tinjauan Pustaka .....	5
2.2 Poros .....	7
2.3 Ketidaklurusan ( <i>misalignment</i> ) .....	8
2.4 Karakteristik Getaran .....	11
2.5 Sinyal Getaran Domain Waktu .....	12
2.6 Sinyal Getaran Domain Frekuensi .....	13
2.7 Ekstraksi Fitur ( <i>Feature Extraction</i> ) .....	14
2.8 Filter .....	17
2.9 <i>Principal Component Analysis</i> (PCA) .....	18
2.10 <i>Support Vector Machine</i> (SVM) .....	19
2.9.1 SVM pada Data Terpisah Secara Linear .....	20
2.9.2 SVM pada Data Terpisah Secara Nonlinear .....	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	26
3.1 Tempat Penelitian .....	26
3.2 Diagram Alir Penelitian .....	26
3.3 Alat Eksperimen .....	28

3.4	Prosedur Penelitian .....	30
3.4.1	Persiapan Alat Eksperimen .....	30
3.4.2	Tahap Pengambilan Data .....	33
3.4.3	Tahap Pengolahan Data.....	33
3.4.4	Tahap Analisa Data .....	34
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN .....		35
4.1	Data Penelitian.....	35
4.2	Hasil Pengukuran Sinyal Getsrsn .....	36
4.3	Filter Sinyal .....	37
4.4	Ekstraksi Fitur.....	39
4.5	<i>Principal Component Analysis (PCA)</i> .....	42
4.6	Klasifikasi <i>Support Vector Machine (SVM)</i> .....	44
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		48
5.1	Kesimpulan.....	48
5.2	Saran .....	48
DAFTAR PUSTAKA .....		49
LAMPIRAN.....		51

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kondisi kelurusan sempurna .....	8
Gambar 2.2 Kondisi <i>parallel misalignment</i> .....	8
Gambar 2.3 Kondisi <i>angular misalignment</i> .....	9
Gambar 2.4 Pengukuran <i>alignment</i> poros .....	9
Gambar 2.5 Karakteristik getaran .....	12
Gambar 2.6 Simpangan rotor terhadap waktu .....	12
Gambar 2.7 Sinyal getaran dalam domain waktu .....	13
Gambar 2.8 Sinyal getaran dalam domain waktu dan domain frekuensi .....	13
Gambar 2.9 Kegagalan pada elemen mesin akan memunculkan amplitudo .....	14
Gambar 2.10 Menentukan <i>hyperplane</i> terbaik dengan SVM .....	20
Gambar 2.11 <i>Soft margin hyperplane</i> .....	23
Gambar 2.12 Memetakan data ke ruang vektor .....	24
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian .....	27
Gambar 3.2 Komponen <i>rig alignment</i> poros .....	28
Gambar 3.3 Kopling fleksibel elastomer .....	28
Gambar 3.4 Rangkain alat untuk data akuisisi .....	29
Gambar 3.5 Dial indikator .....	30
Gambar 3.6 <i>Inverter</i> .....	30
Gambar 3.7 Pengukuran TIR dengan dial indikator .....	31
Gambar 3.8 Pengukuran <i>parallel misalignment</i> poros dengan dial indikator .....	32
Gambar 3.9 Posisi pengganjal pada kedudukan <i>bearing</i> .....	32
Gambar 4.1 <i>Rig alignment</i> poros .....	35
Gambar 4.2. Sinyal getaran kondisi normal .....	36
Gambar 4.3. Sinyal Getaran kondisi <i>parallel misalignment</i> .....	37
Gambar 4.4. Sinyal getaran kondisi <i>angular misalignment</i> .....	37
Gambar 4.5. Hasil filter sinyal getaran kondisi normal .....	38
Gambar 4.6. Hasil filter sinyal kondisi <i>parallel misalignment</i> .....	38
Gambar 4.7. Hasil filter sinyal kondisi <i>angular misalignment</i> .....	38
Gambar 4.8. Model SVM <i>training</i> .....	45
Gambar 4.9. Klasifikasi data <i>testing</i> .....	47

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Toleransi <i>alignment</i> kopling fleksibel.....	10
Tabel 1.2 Nilai <i>runout</i> maksimum .....	11
Tabel 4.1 Variasi pengambilan data pada kondisi <i>misalignment</i> .....	35
Tabel 4.2 Hasil pengukuran <i>parallel misalignment</i> dengan dial indikator .....	36
Table 4.3 Fitur statistik .....	39
Tabel 4.4 Data hasil ekstraksi fitur (fitur ekstraksi ke-1 sampai ke-6) kondisi poros normal untuk data <i>training</i> .....	39
Tabel 4.5 Data hasil ekstraksi fitur (fitur ekstraksi ke-7 sampai ke-11) kondisi poros normal untuk data <i>training</i> .....	40
Tabel 4.6 Data hasil ekstraksi fitur (fitur ekstraksi ke-1 sampai ke-6) kondisi poros <i>parallel misalignment</i> untuk data <i>training</i> .....	40
Tabel 4.7 Data hasil ekstraksi fitur (fitur ekstraksi ke-7 sampai ke-11) kondisi poros <i>parallel misalignment</i> untuk data <i>training</i> .....	41
Tabel 4.8 Data hasil ekstraksi fitur (fitur ekstraksi ke-1 sampai ke-6) kondisi poros <i>angular misalignment</i> untuk data <i>training</i> .....	41
Tabel 4.9 Data hasil ekstraksi fitur (fitur ekstraksi ke-7 sampai ke-11) kondisi poros <i>angular misalignment</i> untuk data <i>training</i> .....	42
Tabel 4.10 Analisa komponen utama PCA.....	43
Tabel 4.11 Data hasil PCA kondisi normal untuk data <i>training</i> .....	43
Tabel 4.12 Data hasil PCA kondisi <i>parallel misalignment</i> untuk data <i>training</i> ...	44
Tabel 4.13 Data hasil PCA kondisi <i>angular misalignment</i> untuk data <i>training</i> ...	44
Tabel 4.14 Hasil akurasi SVM dengan variasi parameter C .....	46



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data pengukuran sinyal getaran .....	51
Lampiran 2. Data hasil filter sinyal getaran .....	53
Lampiran 3. Data hasil ekstraksi fitur untuk data <i>training</i> .....	56
Lampiran 4. Data hasil PCA untuk data <i>training</i> .....	67
Lampiran 5. Data hasil ekstraksi fitur untuk data <i>testing</i> .....	73
Lampiran 6. Data hasil PCA data <i>testing</i> .....	77
Lampiran 7. Script Matlab .....	80