



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**Pengenalan Pola Citra Termografi pada Pemantauan
Kondisi Mesin dengan Metode Pengolahan Citra Digital**

TUGAS AKHIR

**MUHAMMAD HUDA
L2E 006 069**

**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN**

**SEMARANG
DESEMBER 2010**


TUGAS SARJANA

Diberikan Kepada :
Nama : Muhammad Huda
NIM : L2E006069
Pembimbing : Dr. Achmad Widodo ST., MT.
Jangka Waktu : 7 bulan
Judul : Pengenalan Pola Citra Termografi pada Pemantauan Kondisi Mesin dengan Metode Pengolahan Citra Digital
Isi Tugas :

1. Literatur mengenai *Nondestructive Testing* dan termografi sebagai metode diagnosa kerusakan mesin
2. Kajian metode-metode yang digunakan dalam pengolahan citra.
3. Ekstrak fitur-fitur pengolahan citra guna menganalisa suatu kondisi keabnormalan suatu mesin menggunakan Matlab.
4. Pengenalan, perbandingan dan pemetaan pola setiap kondisi keabnormalan berdasarkan informasi citra digital dengan *Self Organizing Map* (SOM).

Semarang, 23 Desember 2010

Dosen Pembimbing,

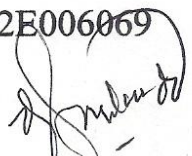


Dr. Achmad Widodo, ST. MT.

NIP. 197307021999031001

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

NAMA : MUHAMMAD HUDA
NIM : L2E006069
Tanda Tangan : 
Tanggal : 23 DESEMBER 2010

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Sarjana ini diajukan oleh:

NAMA : MUHAMMAD HUDA

NIM : L2E006069

Jurusan : Teknik Mesin

Judul Tugas Sarjana : Pengenalan Pola Citra Termografi pada Pemantauan Kondisi Mesin dengan Metode Pengolahan Citra Digital

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 : Dr. Achmad Widodo, ST., MT.

(.....)

Penguji : Ir. Bambang Yunianto, MSc.

(.....)

Penguji : Dr. Ir. A.P. Bayuseno, MSc.

(.....)

Semarang, 23 Desember 2010
Ketua Jurusan Teknik Mesin


Dr. Dipl. Ing. Ir. Berkah Fajar T.K.
NIP.195907221987031003

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Muhammad Huda
NIM : L2E006069
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi


demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

PENGENALAN POLA CITRA TERMOGRAFI PADA PEMANTAUAN KONDISI MESIN DENGAN METODE PENGOLAHAN CITRA DIGITAL

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 : 23 Desember 2010
Yang menyatakan


(Muhammad Huda)
NIP.L2E006069

ABSTRACT

Rotating machines and reciprocating machines like turbines, combustion engines and electric motor are the most widely used in industry. These machine consist of components which generate vibration dan heat during operation. Excessive vibration and heat can be indicators of fault in the machine. Therefore, machine condition monitoring is needed to monitor the real time machine condition with proper devices and methods. One of those being developed now is using infrared thermography. This method is categorized in the nondestructive testing (NDT) or inspection without damage. The aim of this study is to identify the patterns of digital image thermography by means image clustering and image features for machine condition monitoring. Image features used in this study are area, perimeter and central moments of hotspots region.

This study was conducted by capturing thermal image of bearing from machine fault simulator by varying the conditions which are common in rotating machinery such as, mass unbalance, misalignment, looseness, and bearing faults. Self Organizing Map (SOM) method was used to pattern recognition of machine condition based on extracted image features. Using this method, the fault in the machine can be diagnosed. There are several factors that affect the accuracy of diagnosis such as the size of data image, clustering process and image features. The small data image leads the low accuracy of diagnosis process.

Keywords: Thermography, NDT, image clustering, feature extraction, Self Organizing Map

ABSTRAK

Mesin yang berputar ataupun berosilasi seperti turbin, motor bakar, dan motor listrik adalah yang paling banyak digunakan di industri. Mesin-mesin tersebut mempunyai bagian yang biasanya menjadi sumber utama terjadinya getaran dan panas. Getaran yang berlebih dan panas yang tinggi bisa menjadi indikasi adanya kerusakan mesin. Oleh karena itu, mesin-mesin perlu dipantau kondisinya dengan alat dan metode yang sesuai. Salah satu metode pemantauan kondisi mesin yang sedang dikembangkan yaitu termografi infra merah. Metode ini termasuk dalam *nondestructive testing* (NDT) atau pengujian/pemeriksaan tanpa merusak. Pada penelitian ini, pengenalan pola citra digital termografi dengan pengklasteran citra (*image clustering*) digunakan sebagai alat pengolah citra digital. Ekstraksi fitur citra yang digunakan untuk mengenali pola suatu kondisi mesin adalah luas, keliling dan *central moment* pada titik panas sehingga didapatkan perbedaan pola tiap kondisi.

Penelitian dilakukan dengan mengambil citra bantalan dengan perangkat simulator kerusakan mesin (*machine fault simulator*) dengan memvariasikan kondisi-kondisi yang biasa terjadi pada mesin berputar antara lain ketidakseimbangan, ketidaksejajaran, kelonggaran, kerusakan bantalan serta gabungan diantaranya. Teknik *Self Organizing Map* (SOM) digunakan untuk memetakan kondisi mesin berdasarkan pola-pola yang terjadi. Dengan metode ini, diagnosa kerusakan mesin dapat dilakukan. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi akurasi diagnosa, diantaranya besar data citra, proses klaster citra dan fitur citra. Data citra yang kecil menyebabkan hasil diagnosa yang kurang baik.

Kata Kunci: termografi NDT, klaster citra, ekstraksi fitur citra, *Self Organizing Map*

HALAMAN PERSEMBAHAN

“Ku persembahkan untuk Ibu, Bapak dan Keluarga”

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya serta nikmat sehat sehingga tugas akhir yang merupakan tahap akhir dari proses memperoleh gelar sarjana di Teknik Mesin Universitas Diponegoro ini dapat terselesaikan.

Penyelesaian tugas akhir ini tidak lepas dari orang-orang yang telah membantu, oleh karenanya, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Achmad Widodo ST., MT., selaku pembimbing utama yang telah begitu banyak memberikan bantuan, bimbingan, pengarahan serta pengetahuan dalam pengerjaan dan penyelesaian tugas akhir ini.
2. Bapak Wahyu Caesarendra ST., MT., yang telah memberikan informasi dan saran dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Rekan Tugas Akhir Angga Dwi Saputra dan teman-teman angkatan 2006 yang telah memberikan dorongan dan semangat sampai tugas akhir ini selesai.

Penulis sadar banyak kekurangan dalam tugas akhir ini, maka dari itu besar harapan untuk memberikan kritik maupun saran yang membangun. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua yang membaca.

Semarang, Oktober 2010

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN TUGAS SARJANA	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
NOMENKLATUR	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar belakang	1
1.2 Tujuan.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Metode Penulisan	2
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1 <i>Nondestructive Testing</i> (NDT)	4
2.2 Diagnosa Permesinan	7
2.2.1 Kerusakan dalam permesinan.....	7
2.2.2 Diagnosa Kerusakan.....	8
2.2.3 Modus-modus Kerusakan.....	8

2.3 Dasar Termografi Infra Merah	12
2.3.1 Termografi Infra merah.....	13
2.3.2 Keuntungan dan kerugian Termografi infra merah.....	15
2.4 Pengolahan Citra Digital	16
2.4.1 Citra Digital (<i>Image</i>).....	16
2.4.2 Segmentasi Citra (<i>Thresholding</i>)	18
2.4.3 Analisa Klaster	19
a. Klaster Citra.....	21
b. Algoritma Klaster	22
2.5 Ekstraksi Fitur Citra	23
2.5.1 Pengukuran Keliling dan Luas	23
2.5.2 <i>Bit Quads</i>	24
2.5.3 <i>Spatial Moment</i>	26
2.5.4 Diskritisasi <i>Image Spatial moment</i>	26
2.6 <i>Self Organizing Map (SOM)</i>	29
2.6.1 Algoritma Dasar SOM.....	30
2.6.2 Normalisasi Data	32

BAB III KONSEP DASAR PEMROGRAMAN

3.1 Komputasi MATLAB	34
3.2 Pengolahan Citra Digital MATLAB	34
3.2.1 Pembacaan Citra Digital pada MATLAB	35
3.2.2 Ekstraksi Nilai Piksel <i>Red</i> , <i>Green</i> dan <i>Blue</i> (RGB)	35
3.2.3 Konversi Gambar RGB ke <i>Grayscale</i>	36
3.2.4 Konversi ke Citra Biner	36
3.2.5 Klaster Citra digital (<i>Clustering</i>) dengan <i>K-mean</i> pada MATLAB	37
3.2.6 Menentukan Luas pada MATLAB	41
3.2.7 Menentukan Keliling pada MATLAB.....	42

BAB IV METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Diagram Alir Penelitian	44
-----------------------------------	----

4.2 Instrumen Pengambilan Data	44
4.2.1 <i>Machine Faults Simulator</i>	44
4.2.2 Kamera Termografi Infra merah.....	45
4.3 Eksperimen.....	46
BAB V DATA DAN ANALISA	
5.1 Data	49
5.2 Analisa.....	54
5.2.1 Ekstraksi Fitur	54
a. Luas	54
b. Keliling.....	58
c. <i>Central Moment</i>	61
5.2.2 Analisa <i>Self Organizing Map</i> (SOM)	67
5.2.3 Analisa Keakuratan Diagnosa Menggunakan SOM.....	76
BAB VI PENUTUP	
6.1 Kesimpulan.....	79
6.2 Saran	79
DAFTAR PUSTAKA	80
LAMPIRAN	
Lampiran A <i>M-file Code</i>	83

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Format <i>file</i> Citra Digital.....	35
Tabel 4.1	Spesifikasi kamera termografi dan <i>Fault Simulator</i>	48
Tabel 5.1	Data Temperatur maksimum bantalan kanan.....	50
Tabel 5.2	Data Temperatur maksimum bantalan kiri.....	51
Tabel 5.3	Keakurasian diagnosa bantalan kanan fitur gabungan	78
Tabel 5.4	Keakurasian diagnosa bantalan kiri fitur gabungan	78
Tabel 5.5	Keakurasian diagnosa bantalan kanan (merah+ merah muda)tiap fitur	79
Tabel 5.6	Keakurasian diagnosa bantalan kanan (merah+ merah muda)tiap fitur	79

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Ketidakseimbangan (a)statis (b)pasangan	10
Gambar 2.2	Ketidaksejajaran (a)paralel (b)sudut	10
Gambar 2.3	Kelonggaran	11
Gambar 2.4	Elemen Bantalan	12
Gambar 2.5	Spektrum Gelombang Elektromagnet	13
Gambar 2.6	Perbedaan bentuk dan dimensi cluster R^2	21
Gambar 2.7	Pola <i>Bit Quads</i>	25
Gambar 2.8	Hubungan antara diskritisasi citra dan koordinat cartesian	26
Gambar 2.9	Hubungan Antara jaringan SOM dengan Node Input pada Input layer	30
Gambar 3.1	Konversi citra ke citra biner	37
Gambar 3.2	Algoritma <i>Kmeans</i>	37
Gambar 3.3	Pembacaan citra H&E	38
Gambar 3.4	Label citra dengan indeks klaster	39
Gambar 3.5	Klaster citra warna biru	40
Gambar 3.6	Klaster citra warna putih	40
Gambar 3.7	Klaster citra warna merah muda	41
Gambar 3.8	Pembacaan citra <i>circle</i>	42
Gambar 3.9	a) Pembacaan citra circle b) Hasil perimeter	43
Gambar 4.1	Diagram Alir Penelitian	44
Gambar 4.2	Prinsip Kerja Kamera Infra merah	46
Gambar 4.3	Kamera termografi dan <i>Fault Simulator</i>	47
Gambar 4.4	Eksperimen	48
Gambar 5.1	<i>FLIR Capture</i> Bantalan Kanan	49
Gambar 5.2	<i>FLIR Capture</i> Bantalan Kiri	50
Gambar 5.3	Plot Temperatur maksimum bantalan a)kanan b)kiri	52
Gambar 5.4	Sampel <i>Frame</i> tiap kondisi	53
Gambar 5.5	Pengklasteran Citra a)Normal b)Kerusakan bantalan	53
Gambar 5.6	Pengolahan citra	54

Gambar 5.7 Plot Luas Bantalan a) Kanan b)Kiri (merah)	55
Gambar 5.8 Plot Luas Bantalan a) Kanan b)Kiri (merah muda)	56
Gambar 5.9 Plot Luas Bantalan a) Kanan b)Kiri (merah+merah muda)	57
Gambar 5.10Plot Keliling Bantalan a) Kanan b)Kiri (merah)	58
Gambar 5.11 Plot Keliling Bantalan a) Kanan b)Kiri (merah muda).....	59
Gambar 5.12Plot Keliling Bantalan a) Kanan b)Kiri (merah+merah muda)	60
Gambar 5.13Plot <i>Central moment Bearing</i> Kanan (merah)	61
Gambar 5.14Plot <i>Central moment Bearing</i> Kanan (merah muda)	62
Gambar 5.15Plot <i>Central moment Bearing</i> Kanan (merah+merah muda)	63
Gambar 5.16Plot <i>Central moment Bearing</i> Kiri (merah)	64
Gambar 5.17Plot <i>Central moment Bearing</i> Kiri (merah muda)	65
Gambar 5.18Plot <i>Central moment Bearing</i> Kiri (merah+merah muda)	66
Gambar 5.19SOM (Umatrix) bantalan kanan merah a) <i>training</i> b) <i>test</i>	67
Gambar 5.20SOM <i>training</i> (Luas, Keliling, $m00$, $n21$) bantalan kanan merah ..	68
Gambar 5.21 SOM <i>testing</i> (Luas, Keliling,, $m00$, $n21$) bantalan kanan merah....	68
Gambar 5.22SOM (Umatrix) bantalan kanan merah muda a) <i>training</i> b) <i>test</i>	69
Gambar 5.23 SOM <i>training</i> (Luas, Keliling, $m00$) bantalan kanan merah muda	69
Gambar 5.24SOM <i>testing</i> (Luas, Keliling, $m00$) bantalan kanan merah muda...	70
Gambar 5.25 SOM (Umatrix) bantalan kanan merah muda a) <i>training</i> b) <i>test</i>	70
Gambar 5.26SOM <i>training</i> (Luas, Keliling, $m00$) bantalan kanan merah muda	71
Gambar 5.27 SOM <i>testing</i> (Luas, Keliling, $m00$) bantalan kanan merah muda...	71
Gambar 5.28SOM (Umatrix) bantalan kanan merah +merah muda a) <i>training</i> b) <i>test</i> 72	
Gambar 5.29SOM <i>training</i> (Luas, Keliling, $n20$, $n12$) bantalan kiri merah	72
Gambar 5.30SOM <i>testing</i> (Luas, Keliling, $n20$, $n12$) bantalan kiri merah	73
Gambar 5.31 SOM (Umatrix) bantalan kiri merah muda a) <i>training</i> b) <i>test</i>	73
Gambar 5.32 SOM <i>training</i> (Luas, Keliling) bantalan kiri merah muda	74
Gambar 5.33SOM <i>testing</i> (Luas, Keliling) bantalan kiri merah muda.....	74
Gambar 5.34SOM (Umatrix) bantalan kiri merah+merah muda a) <i>train</i> b) <i>test</i>	75
Gambar 5.35SOM <i>training</i> (Luas, Keliling, $n21$, $n20$, $n12$, $n02$) bantalan kiri merah+merah muda	75

Gambar 5.36 SOM <i>testing</i> (Luas, Keliling, $n_{21}, n_{20}, n_{12}, n_{02}$) bantalan kiri merah+merah muda	76
Gambar 5.37 Pemetaan Diagnosa menggunakan klaster SOM	77
Gambar 5.38 Keakuratan Diagnosa menggunakan klaster SOM pada kondisi <i>Bearing</i> <i>faukt</i> dan <i>Unbalance</i> (BU)	78

NOMENKLATUR

<u>Simbol</u>	<u>Keterangan</u>	<u>Satuan</u>
A_i	Titik data pada klaster ke i	
A_o	Luas obyek	
B	Nilai piksel asal <i>channel Blue</i>	
B	Nilai piksel asal <i>channel Red</i>	
d_{j1}	Bobot Vektor	
F	Gaya Ketidakseimbangan	Newton
G	Nilai piksel asal <i>channel Green</i>	
h_{ijbc}	Fungsi tetangga	
I_m	Massa	Kg
K	Pusat Klaster	
M	Momen	
$\max A$	Nilai maksimum dari suatu <i>field</i> data yang sama	
$\min A$	Nilai minimum dari suatu <i>field</i> data yang sama	
$\text{new_max}A$	Nilai maksimum terbaru yang diinginkan	
$\text{new_min}A$	Nilai minimum terbaru yang diinginkan	
P_o	Keliling Objek	
Q_0	Pol a <i>bit quad</i> dengan piksel nol	
Q_1	Pol a <i>bit quad</i> dengan piksel satu	
Q_2	Pol a <i>bit quad</i> dengan piksel dua berdampingan	
Q_3	Pol a <i>bit quad</i> dengan piksel tiga	
Q_4	Pol a <i>bit quad</i> dengan piksel 4	
Q_D	Pol a <i>bit quad</i> dengan piksel dua diagonal	
r	Jarak dari poros	m
T	Batasan nilai yang menjadi acuan	
t	Jumlah iterasi yang telah dilakukan	
T	Jumlah keseluruhan iterasi yang ingin dilakukan	
V	Nilai dari data yang akan dinormalisasi	

V'	Nilai dari data <i>Min-Max Normalization</i>	
v_i	Rata-rata pada klaster i	
x_j	pusat massa sisi kanan dan kiri	
y_k	pusat massa sisi atas dan bawah	
$\gamma(t)$	Fungsi adaptasi	
$\hat{\eta}_x$	marjinal pada x fungsi $p(x,y)$	
$\hat{\eta}_y$	marjinal pada y fungsi $p(x,y)$	
μ	<i>Central moment</i>	
$\sigma(t)$	Lebar <i>karnel</i>	
χ	Data matrik	
ω	Frekuensi Sudut	rad/s