

**OPTIMASI DESAIN SISTEM PENDETEKSI GAYA MULTI  
AXIS UNTUK PEMBUATAN LINTASAN GERAK ROBOT  
ARTIKULASI 5 DERAJAT KEBEBASAN**

**SKRIPSI**

Oleh

**NURDIAN KARTIKA SARI**

**04 03 02 053X**



**SKRIPSI INI DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI SEBAGIAN  
PERSYARATAN MENJADI SARJANA TEKNIK**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA**

**GANJIL 2007/2008**  
**PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

**OPTIMASI DESAIN PADA PENGEMBANGAN SISTEM  
PENDETEKSI GAYA MULTI AXIS UNTUK PEMBUATAN  
LINTASAN GERAK ROBOT ARTIKULASI 5 DERAJAT  
KEBEBASAN**

Yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan untuk menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Indonesia maupun di Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, 11 Januari 2008

Nurdian Kartika Sari

NPM 04 03 02 053X

# PENGESAHAN

Skripsi dengan judul:

## **OPTIMASI DESAIN PADA PENGEMBANGAN SISTEM PENDETEKSI GAYA MULTI AXIS UNTUK PEMBUATAN LINTASAN GERAK ROBOT ARTIKULASI 5 DERAJAT KEBEBASAN**

dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Skripsi ini telah diujikan pada sidang ujian skripsi pada tanggal 29 Desember 2007 dan dinyatakan memenuhi syarat/sah sebagai skripsi pada Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Depok, 11 Januari 2008

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Gandjar Kiswanto, M.Eng

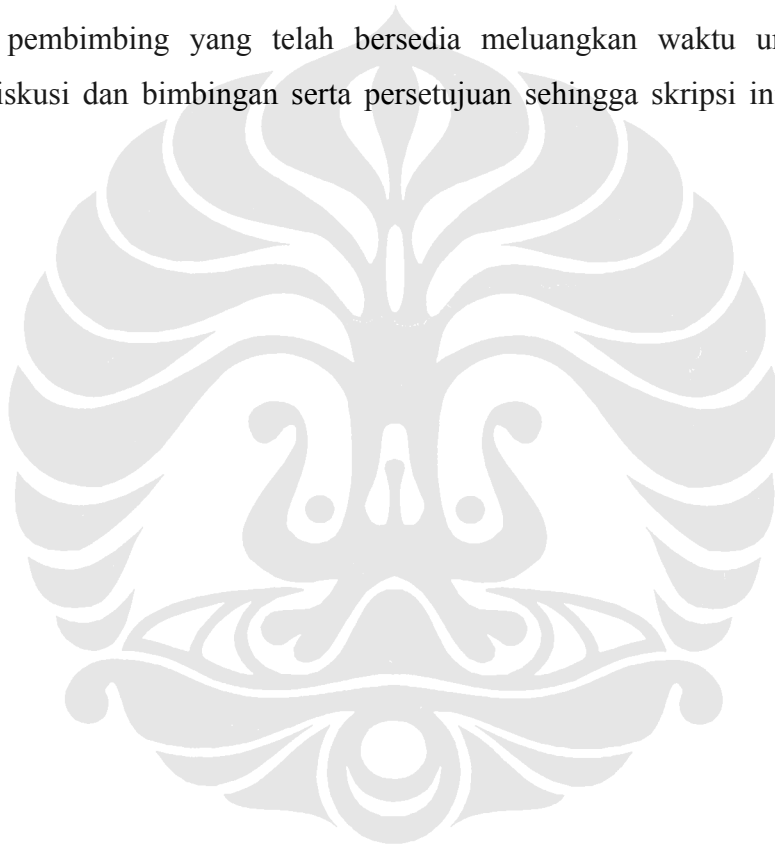
NIP 132 137 846

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

**Dr. Ir. Gandjar Kiswanto, M.Eng**

selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi pengarahan, diskusi dan bimbingan serta persetujuan sehingga skripsi ini dapat selesai dengan baik.



## DAFTAR ISI

<b>SKRIPSI .....</b>	<b>i</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....</b>	<b>ii</b>
<b>UCAPAN TERIMA KASIH .....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB I.....</b>	<b>1</b>
<b>PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Perumusan Masalah.....	4
I.3 Tujuan Penelitian.....	8
I.4 Pembatasan Masalah.....	9
I.5 Metodologi Penelitian.....	10
I.5.1 Studi Literatur.....	10
I.5.2 Perancangan Alat.....	10
I.5.3 Evaluasi dan Simulasi.....	11
I.5.4 Manufaktur Alat.....	11
I.5.5 Kalibrasi Pengukuran.....	11
I.6 Sistematika Penulisan.....	12
<b>BAB II.....</b>	<b>14</b>
<b>PERANCANGAN SISTEM PENDETEKSI GAYA MULTI AXIS .....</b>	<b>14</b>
II.1 Metode Perancangan.....	14
II.1.1 Analisa Kebutuhan.....	15
II.1.2 Spesifikasi.....	17
II.1.3 Konsep Desain.....	18
II.1.4 Detail Desain.....	28
II.1.5 Manufaktur.....	29
II.1.6 Uji Coba dan Kalibrasi.....	33
II.2 Pemilihan Desain.....	34
II.2.1 Definisi Desain.....	34
II.2.3 Pertimbangan Utama Dalam Desain Alat Pendeteksi Gaya Multi Axis.....	34
II.2.4 Pemilihan Desain.....	43
II.2.5 Detail Desain.....	45
II.3 Free Body Diagram untuk Komponen Stick.....	46
II.4 Diagram Gaya Normal, Gaya Geser dan Momen pada.....	46
Komponen Stick.....	46
II.4.1 Keseimbangan Gaya-Momen untuk $0 \leq z < (L_{stick} - L_{aktif})$ .....	46
II.4.2 Keseimbangan Gaya-Momen untuk $(L_{stick} - L_{aktif}) \leq z \leq L_{stick}$ .....	47
II.4.3 Grafik Gaya Normal, Gaya Geser dan Momen pada.....	48
Komponen Stick.....	48
II.5 Free Body Diagram untuk Komponen Plate Z.....	49
II.6 Diagram Gaya Geser dan Momen pada Komponen Plate.....	49
II.6.1 Free Body Diagram dan Keseimbangan Gaya Paralel dan Sejajar.....	52
II.6.2 Persamaan Load Intensity $q(x)$ .....	53

II.6.3 Persamaan Gaya Geser dan Momen.....	53
II.6.4 Deformasi pada Plate .....	54
II.7. FBD, Defleksi, dan diagram gaya geser dan normal pada plate x, y, 45 derajat xy dan -45 derajat xy.....	57
II.8 Konsentrasi tegangan .....	62
<b>BAB III.....</b>	<b>66</b>
<b>SENSOR, PENGKONDISIAN SINYAL DAN AKUISISI DATA .....</b>	<b>66</b>
III.1 Strain Gage.....	66
III.1.1 Strain, Stress dan Poisson's Ratio.....	66
III.1.2 Prinsip Kerja Strain Gage .....	68
III.1.3 Jenis-Jenis Strain Gage .....	69
III.1.4 Struktur Foil pada Strain gage .....	70
III.1.5 Prinsip Pengukuran Strain.....	71
III.1.6 Sistem Pengkabelan Strain gage .....	72
III.1.7 Tegangan Keluaran dari Berbagai Konfigurasi Jembatan <i>Wheatstone</i> .....	75
III.1.8 <i>Strain</i> pada Batang.....	78
III.1.9 Kompensasi Temperatur oleh <i>Strain Gage</i> .....	79
III.1.10 Pengaruh Temperatur Terhadap <i>Leadwire</i> pada <i>2-Wire System</i> .....	81
III.1.11 Pengaruh dari Hambatan Material Insulasi.....	83
III.1.12 Perubahan Hambatan <i>Strain Gage</i> Akibat Perakatan pada Permukaan Kurva .....	84
III.1.13 Pengaruh Pemasangan yang Tidak Tepat ( <i>Missalignment</i> ).....	85
III.1.14 Metode Kompensasi Panjang Kabel Kepala.....	85
III.1.15 Metode Kompensasi Ketidaklinieran pada Sistem <i>1-Gage</i> .....	86
III.1.16 Metode Mendapatkan Besaran dan Arah dari <i>Principal Stress (Rosette Analysis)</i> .....	86
III.1.17 Metode Mendapatkan Nilai Kalibrasi dengan <i>Tip Parallel Resistance</i> .....	88
III.1.18 Metode Perakatan <i>Strain Gage</i> dan <i>Dampproofing Treatment</i> .....	90
III.2 Konfigurasi Strain gage pada Sistem Pendeteksi Gaya Multi Axis.....	92
III.3 Pengkondisian Tegangan Keluaran Jembatan <i>Wheatstone</i> pada Sistem Pendeteksi Gaya Multi Axis.....	95
III.3.1 Tegangan Eksitasi .....	96
III.3.2 Amplifikasi .....	96
III.3.3 <i>Filtering</i> .....	97
III.3.4 Offset Nulling .....	97
III.4 Tegangan Keluar Teoritis .....	98
III.5 Akuisisi Data Sistem Pendeteksi Gaya Multi Axis.....	101
III.5.1 Prinsip Operasi Akuisisi Data pada <i>Board DT3010</i> .....	101
III.5.2 Rangkuman Konfigurasi Akuisisi Data Sistem Pendeteksi Gaya Multi Axis .....	102
III.5.3 Flowchart Pembangunan Peranti Lunak Antar Muka Sistem Pendeteksi Gaya Multi Axis .....	103
<b>BAB IV .....</b>	<b>105</b>
<b>PENGUJIAN SISTEM PENDETEKSI GAYA MULTI AXIS .....</b>	<b>105</b>

IV. 1. Peralatan Uji .....	105
IV.2. Metode Pelaksanaan Uji .....	106
IV.2.1 Pengujian Penambahan Beban Konstan .....	107
IV.2.2 Pengujian Histerisis .....	116
IV. 3 Rangkuman Linierisasi Data, Deviasi Standar, dan <i>Coefficient of Determination</i> .....	126
IV.4 Linierisasi Data, Deviasi Standar, dan <i>Coefficient of Determination</i> .....	127
IV.5. Analisa Data Pengujian.....	130
IV.5.1 Analisa Kesalahan Selama Proses Pengujian .....	130
IV.5.3 Komparasi Nilai Tegangan Keluaran Teoritis dan Tegangan Keluaran Aktual Serta Histerisis .....	135
<b>BAB V .....</b>	<b>140</b>
<b>KESIMPULAN DAN SARAN PENELITIAN LEBIH LANJUT .....</b>	<b>140</b>
V. 1. Kesimpulan .....	140
V. 1. 1. Sistem Kerja Pendeteksi Gaya dengan <i>Strain Gage</i> .....	140
V. 1. 2. Spesifikasi Sistem Pendeteksi Gaya Multi Axis .....	141
Tabel Perbandingan Panjang Stick dengan <i>Maximum Load</i> .....	141
V. 1. 3. Persamaan Tegangan Keluaran Teoritis Terhadap Strain Pada Sistem Pendeteksi Gaya Multi Axis .....	142
V. 1. 4. Kelebihan Rancangan Sistem Pendeteksi Gaya Multi Axis .....	144
V. 1. 5. Kekurangan Sistem Pendeteksi Gaya Multi Axis .....	145
V. 2. Saran Penelitian Lebih Lanjut.....	145
<b>DAFTAR ACUAN .....</b>	<b>147</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar I. 1 Proses framing dengan menggunakan robot spot welding 160 KUKA .....	2
Gambar I. 2 Robot dengan dengan 6 derajat kebebasan dan parameternya .....	3
Gambar I. 3 Sistem pendeteksi gaya mendapatkan parameter besar dan arah gaya reaksi	5
Gambar I. 4 Sistematisasi Force Detector pada Proses Grinding .....	7
Gambar I. 5 Sistem Pendeteksi Gaya Multi Aksis Penelitian Sebelumnya .....	7
Gambar I. 6 Explode View Sistem Pendeteksi Gaya Multi Aksis pada Penelitian Sebelumnya.....	8
Gambar I. 7: Sistem pendeteksi gaya pada aplikasi pengikut kontur. Detektor gaya mendapatkan parameter besar dan arah gaya reaksi. Parameter tersebut dijadikan inputan pada algoritma robot untuk pengambilan keputusan arah gerak robot seterusnya agar end effector dapat tetap menyentuh objek .....	9
Gambar I. 8: Skema proses pengkondisian sinyal dan akuisisi data pada alat pendeteksi gaya multiaxis .....	12
Gambar II. 1 Pendekatan concurrent engineering.....	14
Gambar II. 2 Robot Artikulasi 5 Derajat Kebebasan MOVEMASTER-EX Mitsubishi ..	15
Gambar II. 3 Kapasitas berat maksimum robot artikulasi 5 derajat kebebasan MOVEMASTER-EX Mitsubishi.....	16
Gambar II. 4 Gambar Teknik Mounting Sistem Pendeteksi Gaya pada Robot MOVEMASTER-EX .....	16
Gambar II. 5 Bagian utama alat pendeteksi gaya multi axis.....	18
Gambar II. 6 ( a ) Exploded view alat pendeteksi gaya muti axis desain pertama .....	20
Gambar II. 7 ( a ) Deformasi yang terjadi akibat momen yang dihasilkan beban .....	22
Gambar II. 8 ( a ) Exploded view alat pendeteksi gaya muti axis desain kedua .....	23
Gambar II. 9 ( a ) Deformasi yang terjadi akibat momen yang dihasilkan beban .....	25
Gambar II. 10 ( a ) Exploded view alat pendeteksi gaya muti axis desain kedua .....	27
Gambar II. 11 ( a ) deformasi yang terjadi akibat momen yang dihasilkan beban .....	28
Gambar II. 12 Flowchart proses manufaktur desain pertama .....	30
Gambar II. 13 Flowchart proses manufaktur desain kedua .....	31
Gambar II. 14 Flowchart proses manufaktur desain ketiga .....	32
Gambar II. 15 Deformasi pada stick pada salah satu sumbu dengan gaya maksimum spesifikasi desain .....	35
Gambar II. 16 Skema tensile stress dan strain .....	37
Gambar II. 17 Skema compressive stress dan strain.....	37
Gambar II. 18 free body diagram dari komponen stick .....	46
Gambar II. 19 diagram gaya normal, gaya geser, dan momen pada komponen stick .....	48
Gambar II. 20 free body diagram komponen plate .....	49
Gambar II. 21 FBD komponen plate.....	52
Gambar II. 22 Elemen Tidak Terdeformasi dan Terdeformasi akibat Bending .....	54
Gambar II. 23 diagram gaya normal, gaya geser, dan momen pada komponen plate Z... ..	56
Gambar II. 24 moment bending diagram yang umum dipakai .....	57
Gambar II. 25 defleksi pada simply supported beam .....	57
Gambar II. 26 FBD platex, y, 45 xy dan -45 xy .....	58
Gambar II. 27 Grafik defleksi pada berbagai load.....	60
Gambar II. 28 mencari defleksi maksimum pada stick.....	61



Gambar II. 29	bending dan momen diagram pada plate x, y, 45 xy dan -45 xy	62
Gambar II. 30	Aliran konsentrasi tegangan pada plate	63
Gambar II. 31	Konsentrasi tegangan pada hole	63
Gambar III. 1	Batang yang Mengalami Tarik dan Tekan	66
Gambar III. 2	Jenis-Jenis Strain Gage Berdasarkan Konfigurasinya	70
Gambar III. 3	Struktur Pembentuk Strain gage	71
Gambar III. 4	Aplikasi Jembatan Wheatstone pada Strain gage	72
Gambar III. 5	Konfigurasi Sistem 1-gage	73
Gambar III. 6	Konfigurasi Sistem 2-gage	74
Gambar III. 7	Konfigurasi Sistem 4-gage	74
Gambar III. 8	Pengukuran Bending dengan Konfigurasi Sistem 1-gage	75
Gambar III. 11	Pengukuran Bending Stress dengan Sistem 1-gage	77
Gambar III. 12	Sistem 4-gage	78
Gambar III. 13	Pengaruh Ekspansi Linier Temperatur Material Terhadap Strain Gage	79
Gambar III. 14	Grafik Karakteristik Suhu dari Kompensasi-Temperatur Foil Strain Gag	80
Gambar III. 15	Rangkaian Strain Gage dengan Hambatan dalam pada Leadwire	82
Gambar III. 16	Aplikasi 3-wire system	83
Gambar III. 17	Rangkaian Strain Gage dengan Hambatan Material Insulasi	83
Gambar III. 18	Strain Gage yang Direkatkan pada Permukaan Kurva	84
Gambar III. 19	Strain Gage dengan Pemasangan yang Tidak Tepat	85
Gambar III. 20	Konfigurasi Pemasangan Strain Gage pada Rosette Analysis	87
Gambar III. 21	Tip Parallel Resistance untuk Kalibrasi Strain	89
Gambar III. 23	Skematik Konfigurasi Strain Gage Sistem Pendeteksi Gaya Multi Axis pada Semua Komponen Plate	92
Gambar III. 24	Rangkaian Elektronik Jembatan Wheatstone dari Sistem Pendeteksi Gaya Multi Axis	93
Gambar III. 25	Simulasi Gaya yang Datang terhadap Plat X atau Plat Y	94
Gambar III. 26	Simulasi Gaya yang Datang terhadap Plat Z	94
Gambar III. 27	Diagram Blok SCM5B38	95
Gambar III. 28	Operasional Amplifier dengan Sumber Daya	97
Gambar III. 29	Voltage-Controlled Voltage Source	97
Gambar III. 33	Grafik Tegangan Keluaran Teoritis Terhadap Beban pada Arah Sumbu X	99
Gambar III. 34	Grafik Tegangan Keluaran Teoritis Terhadap Beban pada Arah Sumbu Y	100
Gambar III. 35	Grafik Tegangan Keluaran Teoritis Terhadap Beban pada Arah Sumbu Z	100
Gambar III. 36	Skematik DT3010 Board	101
Gambar IV. 2	Grafik Hasil Pengujian Penambahan Beban Konstan Sumbu 1	108
Gambar IV. 3	Hasil Pengujian Penambahan Beban Konstan Sumbu 2 positif	109
Gambar IV. 4	Hasil Pengujian Penambahan Beban Konstan Sumbu 2 negatif	110
Gambar IV. 5	Hasil Pengujian Penambahan Beban Konstan Sumbu 3 Positif	111
Gambar IV. 6	Hasil Pengujian Penambahan Beban Konstan Sumbu 3 negatif	112
Gambar IV. 7	Hasil Pengujian Penambahan Beban Konstan Sumbu 4 Positif	113
Gambar IV. 8	Hasil Pengujian Penambahan Beban Konstan Sumbu 4 negatif	114
Gambar IV. 9	Hasil Pengujian Penambahan Beban Konstan Sumbu 5 positif	115

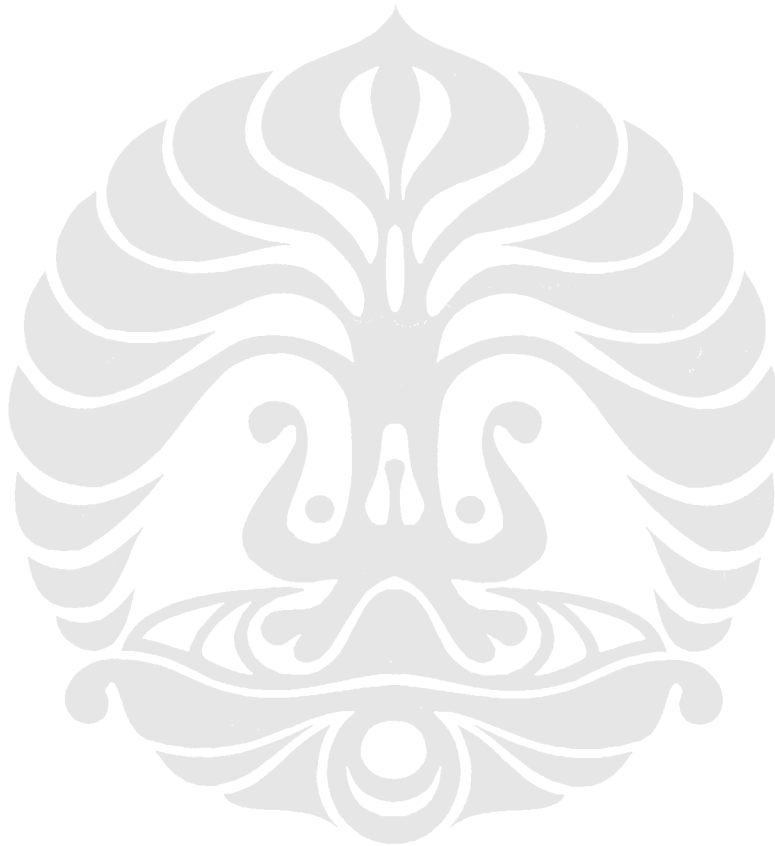
Gambar IV. 10 Hasil Pengujian Penambahan Beban Konstan Sumbu 5 positif .....	116
Gambar IV. 11 Hasil Pengujian Histerisis Sumbu 1.....	117
Gambar IV. 12 Hasil Pengujian Histerisis Sumbu 2 Positif.....	118
Gambar IV. 13 Hasil Pengujian Histerisis Sumbu 2 Negatif.....	119
Gambar IV. 14 Hasil Pengujian Histerisis Sumbu 3 Positif.....	120
Gambar IV. 15 Hasil Pengujian Histerisis Sumbu 3 Negatif.....	121
Gambar IV. 16 Hasil Pengujian Histerisis Sumbu 4 Positif.....	122
Gambar IV. 17 Hasil Pengujian Histerisis Sumbu 4 Negatif.....	123
Gambar IV. 18 Hasil Pengujian Histerisis Sumbu 5 Positif.....	124
Gambar IV. 19 Hasil Pengujian Histerisis Sumbu 5 Negatif.....	125
Gambar IV. 20 Analisa kesalahan pada saat proses assembly.....	131
Gambar IV. 21 Pengaruh Ayunan Terhadap Tegangan Tali .....	132
Gambar IV. 22 Susunan Pulley pada Rig .....	133
Gambar IV. 23 Hubungan Linier Dalam Proses Konversi Besaran Dalam Aplikasi Pendeteksi Gaya .....	134
Gambar IV. 24 grafik perbandingan nilai aktual dengan nilai teoritis pada sumbu 1 ....	135
Gambar IV. 25 grafik perbandingan nilai aktual dengan nilai teoritis pada sumbu 2 ....	136
Gambar IV. 26 grafik perbandingan nilai aktual dengan nilai teoritis pada sumbu 3 ....	137
Gambar IV. 27 grafik perbandingan nilai aktual dengan nilai teoritis pada sumbu 4 .....	138
Gambar IV. 28 grafik perbandingan nilai aktual dengan nilai teoritis pada sumbu 7 ....	138
Gambar V. 1 Pemetaan Konversi Besaran dalam Sistem Pendeteksi Gaya Multi Axis Beserta Faktor Penyebab Gangguan yang Mungkin Timbul.....	144



## DAFTAR TABEL

Tabel II. 2 jenis gaya yang diterima oleh setiap plate pada setiap desain .....	37
Tabel II. 3 Perbandingan kemudahan proses manufaktur pada metal alloy .....	38
Tabel II. 4 Karakteristik A, B, dan C pada safety factor .....	40
Tabel II. 5 Karakteristik D dan E pada safety factor .....	40
Tabel II. 6 Penetapan karakteristik safety factor pada Sistem Pendeteksi Gaya Multi Axis .....	41
Tabel II. 7 Point of comparation .....	43
Tabel II. 8 Perbandingan kepentingan (Semakin besar maka semakin baik/penting) .....	44
Tabel II. 9 Peringkat dan nilainya .....	44
Tabel II. 10 Hasil perkalian .....	44
Tabel II. 11 Tabel total .....	44
Tabel II. 12 detail desain plate Z .....	45
Tabel II. 13 detail desain plate x,y,45 xy dan -45 xy .....	45
Tabel II. 14 Fungsi singularity dan load intensity beserta grafik dan persamaannya .....	51
Tabel III. 1 Mechanical Properties of Industrial Materials .....	68
Tabel III. 2 Tabel Klasifikasi Strain Gage .....	70
Tabel III. 3 Section Modulus Berbagai Penampang .....	78
Tabel III. 4 Koefisien Ekspansi Linier Berbagai Material .....	81
Tabel III. 5 Reciprocating Resistance dan Nilai Ekuivalen Strain yang Timbul Akibat Kenaikan Temperatur pada Leadwire .....	81
Tabel III. 6 Spesifikasi Berbagai Leadwire dan Reciprocating Resistance .....	86
Tabel III. 7 Contoh dari Nilai Regangan Kalibrasi dan Hambatan Parallel Tambahan ...	89
Tabel III. 8 Tabel Deskripsi Sistem 2-Gage .....	92
Tabel III. 9 Contoh dari Nilai Regangan Kalibrasi dan Hambatan Parallel Tambahan .	102
Tabel III. 10 Konfigurasi Akuisisi Data Sistem Pendeteksi Gaya Multi Axis .....	103
Tabel IV. 1 Hasil Pengujian Penambahan Beban Konstan Sumbu 1 .....	107
Tabel IV. 2 Hasil Pengujian Penambahan Beban Konstan Sumbu 2 positif .....	108
Tabel IV. 3 Hasil Pengujian Penambahan Beban Konstan Sumbu 2 negatif .....	109
Tabel IV. 4 Hasil Pengujian Penambahan Beban Konstan Sumbu 3 Positif .....	110
Tabel IV. 5 Hasil Pengujian Penambahan Beban Konstan Sumbu 3 negatif .....	111
Tabel IV. 6 Hasil Pengujian Penambahan Beban Konstan Sumbu 4 Positif .....	112
Tabel IV. 7 Hasil Pengujian Penambahan Beban Konstan Sumbu 4 negatif .....	113
Tabel IV. 8 Hasil Pengujian Penambahan Beban Konstan Sumbu 5 positif .....	114
Tabel IV. 9 Hasil Pengujian Penambahan Beban Konstan Sumbu 5 negatif .....	115
Tabel IV. 10 Hasil Pengujian Histerisis Sumbu 1 .....	117
Tabel IV. 11 Hasil Pengujian Histerisis Sumbu 2 Positif .....	118
Tabel IV. 12 Hasil Pengujian Histerisis Sumbu 2 Negatif .....	119
Tabel IV. 13 Hasil Pengujian Histerisis Sumbu 3 Positif .....	120
Tabel IV. 14 Hasil Pengujian Histerisis Sumbu 3 Negatif .....	121
Tabel IV. 15 Hasil Pengujian Histerisis Sumbu 4 positif .....	122
Tabel IV. 16 Hasil Pengujian Histerisis Sumbu 4 Negatif .....	123
Tabel IV. 17 Hasil Pengujian Histerisis Sumbu 5 Positif .....	124
Tabel IV. 18 Hasil Pengujian Histerisis Sumbu 5 Negatif .....	125

Tabel IV. 19 Rangkuman data .....	126
Tabel V. 1 Faktor Koreksi Terhadap Tegangan Keluaran Teoritis Hasil Uji Sistem Pendeteksi Gaya Multi Axis .....	142



## DAFTAR ISTILAH DAN SIMBOL

Simbol	Keterangan	Dimensi
$A$	Luasan	$[m^2]$
$E$	Modulus Young	[pascal]
$e$	Tegangan Keluaran	[volt]
$E_{exc}$	Tegangan eksitasi	[volt]
$F$	Gaya	[N]
$g$	Percepatan Gravitasi	[N/kg]
$I$	Momen Inersia Luasan	$[m^4]$
$j$	Faktor Koreksi	
$K$	<i>Gage Factor</i>	
$L$	Bentangan <i>plate</i> dan <i>stick</i>	[m]
$\Delta L$	Perubahan panjang	[m]
$m$	Massa	[kg]
$M$	Momen gaya	[Nm]
$N$	Gaya Normal	[N]
$n_s$	Safety Factor	
$R$	Gaya Reaksi	[N]
$R$	Hambatan	$[\Omega]$
$\Delta R$	Perubahan Hambatan	
$r$	jari-jari	[m]
$S.D.$	Deviasi Standar	
$V$	Gaya Geser	[N]
$\nu$	Poisson Rasio	
$Y_s$	Yield Strength	[pascal]
$Z$	Section Modulus	$[m^3]$
$\varepsilon$	Strain	
$\rho$	Hambat jenis	$[\Omega m]$
$\sigma$	Stress	[pascal]
$K_c$	Stress Concentration	

## DAFTAR LAMPIRAN

		halaman
<b>Lampiran 1</b>	Gambar Teknik Sistem Pendeteksi Gaya Multi Axis	165
<b>Lampiran 2</b>	Kode Pemrograman Peranti Lunak Antarmuka	169

