

**RANCANG BANGUN *DYNAMOMETER*
UNTUK PENGUKURAN GAYA POTONG
MESIN BUBUT**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik



Oleh :

GANDUNG SAM PURWOKO

I1408507

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

2013

commit to user



commit to user

RANCANG BANGUN *DYNAMOMETER*
UNTUK PENGUKURAN GAYA POTONG
MESIN BUBUT

Disusun oleh :

GANDUNG SAM PURWOKO

I1408507

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Didik Djoko Susilo, ST. MT.
NIP. 197203131997021001

Zaenal Arifin, ST. MT.
NIP. 197303082000031001

Telah dipertahankan di hadapan Tim Dosen Penguji pada hari Selasa tanggal 2 Juli 2013

1. Heru Sukanto, ST. MT.
NIP. 197207311997021001
2. Wahyu Purwo Raharjo, ST. MT.
NIP. 197202292000121001

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Mengetahui,
Koordinator Tugas Akhir

Didik Djoko Susilo, ST. MT.
NIP. 197203131997021001

Wahyu Purwo Raharjo, ST. MT.
NIP. 197202292000121001

commit to user

RANCANG BANGUN *DYNAMOMETER* UNTUK PENGUKURAN GAYA POTONG MESIN BUBUT

Gandung Sam Purwoko

Jurusan Teknik Mesin

Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

Surakarta, Indonesia

E-mail : gandung_sp@yahoo.com

Abstrak

Tugas akhir ini bertujuan membuat *dynamometer* untuk pengukuran gaya potong saat proses pembubutan. *Dynamometer* ini dapat membaca gaya tangensial dan gaya radial menggunakan sensor *strain gauge*.

Pengerjaan *dynamometer* terdiri dari proses perancangan, proses pembuatan dan proses kalibrasi. Proses perancangan dimulai dengan mengidentifikasi kebutuhan konsumen, menyusun spesifikasi desain (DR & O), membuat konsep desain dan memilih konsep terbaik. Konsep terbaik kemudian digambar detail kemudian dianalisa tegangannya. Setelah proses perancangan selesai, kemudian dilakukan proses pembuatan komponen mekanik dan elektrik dari *dynamometer*. Setelah selesai, komponen mekanik dan elektrik dirakit agar bisa dikalibrasi.

Proses kalibrasi yang dilakukan yaitu *linearity error*, histerisis dan *repeatability error*. *Linearity error* untuk gaya tangensial sebesar 0,71% dan gaya aksial sebesar 1,43%. Histerisis untuk gaya tangensial sebesar 1,92% dan gaya aksial sebesar 2,91%. *Repeatability error* untuk gaya tangensial sebesar 3,85% dan gaya aksial sebesar 3,96%. *Dynamometer* mempunyai ukuran panjang 190 mm, lebar 60 mm dan tinggi 60 mm. Gaya maksimal yang bisa diukur *dynamometer* adalah 500 newton untuk gaya tangensial dan gaya aksial.

Kata kunci : gaya potong, *dynamometer*, *strain gauge*, kalibrasi

DESIGN AND DEVELOPMENT DYNAMOMETER FOR CUTTING FORCE MEASUREMENT IN TURNING MACHINE

Gandung Sam Purwoko

Mechanical Engineering Department
Engineering Faculty, Sebelas Maret University
Surakarta, Indonesia

E-mail : gandung_sp@yahoo.com

Abstract

The aim of this project is to develop dynamometer for cutting force measurement in turning process. The dynamometer measured tangential and radial force using strain gauge sensor.

The step of dynamometer development consist of design, manufacturing and calibration process. Design process was started from identified customer need, arranged design requirement and objective, arranged design concept and appointed the best concept. The best concept was drafted detailly and was analyzed its stress. After design process complete, electrical and mechanical device of dynamometer was made. After that, the dynamometer was assembled for calibration process.

Calibration process consist of linearity error, hysteresis and repeatability error. Linearity error for tangential and radial force was 0,71% and 1,43% respectively. Hysteresis for tangential and radial force was 1,92% and 2,91% respectively. Repeatability error for tangential and radial force was 3,85% and 3,96% respectively. Dimension of dynamometer was 190 mm x 60 mm x 60 mm. The dynamometer can measure maximum force 500 N for tangential and axial force.

Keywords: cutting force, dynamometer, strain gauge, calibration

KATA PENGANTAR

Segala puji hanya kepada Allah, karena atas pertolongan-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir yang berjudul “Rancang Bangun *Dynamometer* Untuk Pengukuran Gaya Potong Mesin Bubut”.

Dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis banyak menemui kesulitan. Alhamdulillah, berkat bantuan dan dukungan berbagai pihak, akhirnya semua kesulitan dapat diselesaikan. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis sampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Bapak Didik Djoko Susilo, ST, MT, selaku ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta sekaligus sebagai dosen pembimbing I yang telah membimbing tugas akhir ini.
2. Bapak Zainal Arifin, ST, MT, selaku dosen pembimbing II yang telah dengan sabar memberikan arahan sehingga tugas akhir ini bisa selesai.
3. *Dynamometer team*, Anzizan dan Ivan yang telah melalui masa – masa sulit bersama dengan penuh kesabaran.
4. Teman – teman tim getaran (Ari, Wahyu, Kamega, Bagus) yang telah bekerja keras, saling memberi semangat untuk bersama – sama menyelesaikan tugas akhirnya.
5. Teman – teman transfer lain satu angkatan (Adji, Angga, Alfian, Tio, Wawan) yang sama – sama merasakan pengalaman di UNS yang tak terlupakan.
6. Mas Arifin dan Endri di laboratorium proses produksi yang tidak bosan – bosannya menemani *trial and error* dalam pembuatan *dynamometer*.
7. Mas Ari MPI Surabaya yang sudah membantu pembuatan *strain amplifier dynamometer*.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis menyadari bahwa masih banyak terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran agar ke depan, tugas akhir ini bisa lebih baik. Sebagai penutup, penulis berharap agar tugas akhir ini bisa bermanfaat untuk kemajuan dunia ilmu pengetahuan.

Surakarta, Juli 2013

commit to user

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN SURAT PENUGASAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Manfaat	2
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1 Tinjauan Pustaka	4
2.2 Dasar Teori	6
2.2.1 Tahapan Proses Perancangan	6
2.2.2 Gaya Potong	7
2.2.3 <i>Dynamometer</i>	8
2.2.4 Tegangan (<i>stress</i>) dan Regangan (<i>strain</i>)	9
2.2.5 <i>Strain Gauge</i>	11
2.2.6 <i>Wheatstone Bridge</i>	13
2.2.7 Sistem Akuisisi Data	16
2.2.8 Proses Kalibrasi	16

commit to user

BAB III PROSES PERANCANGAN DYNAMOMETER

3.1 Diagram Alir	20
3.2 Identifikasi Kebutuhan	21
3.3 DR & O (<i>desain requirement and objective</i>)	21
3.4 Konsep Desain	22
3.5 Pemilihan Konsep	28
3.6 Perancangan Detail <i>Dynamometer</i>	32
3.6.1 Perhitungan Kekuatan	32

BAB IV PROSES PEMBUATAN DYNAMOMETER

4.1 Proses Pembuatan <i>Dynamometer</i>	36
4.2 Proses Perakitan <i>Dynamometer</i>	49
4.3 Rangkaian Elektrik <i>Dynamometer</i>	40
4.3.1 <i>Wheatstone Bridge</i>	40
4.3.2 <i>Strain Amplifier</i>	41
4.3.3 Akuisisi Data	42
4.4 Analisa Biaya Pembuatan <i>Dynamometer</i>	44

BAB V KALIBRASI DAN PENGUJIAN DYNAMOMETER

5.1 Peralatan Kalibrasi	45
5.2 Posisi <i>Dynamometer</i> saat Kalibrasi	45
5.3 Pembebanan Kalibrasi	46
5.3.1 Pembebanan Gaya Tangensial	46
5.3.2 Pembebanan Gaya Aksial	48
5.4 Perhitungan Kalibrasi <i>Dynamometer</i>	49
5.4.1 <i>Linearity Error</i>	49
5.4.1.1 <i>Linearity Error</i> Gaya Tangensial	50
5.4.1.2 <i>Linearity Error</i> Gaya Aksial	51
5.4.2 Histerisis	51
5.4.2.1 Histerisis Gaya Tangensial	52
5.4.2.2 Histerisis Gaya Aksial	52
5.4.3 <i>Repeatability Error</i>	53
5.4.3.1 <i>Repeatability Error</i> Gaya Tangensial	53
5.4.3.2 <i>Repeatability Error</i> Gaya Aksial	54

5.5 Pengujian <i>Dynamometer</i>	55
--	----

BAB VI PENUTUP

6.1 Kesimpulan	59
6.2 Saran	59

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Matrik morfologi <i>dynamometer</i>	23
Tabel 3.2	Kekurangan dan kelebihan konsep 1	28
Tabel 3.3	Kekurangan dan kelebihan konsep 2	28
Tabel 3.4	Kekurangan dan kelebihan konsep 3	29
Tabel 3.5	Kekurangan dan kelebihan Konsep 4	29
Tabel 3.6	Pemilihan konsep terbaik	31
Tabel 3.7	Sifat mekanis material aluminium alloy 6061	32
Tabel 4.1	<i>Flow of process dynamometer</i>	36
Tabel 5.1	Pembebanan gaya tangensial dengan beban bertambah	46
Tabel 5.2	Pembebanan gaya tangensial dengan beban berkurang	47
Tabel 5.3	Pembebanan gaya aksial dengan beban bertambah	48
Tabel 5.4	Pembebanan gaya aksial dengan beban berkurang	49
Tabel 5.5	Data perhitungan <i>linearity error</i> gaya tangensial	50
Tabel 5.6	Data perhitungan <i>linearity error</i> gaya aksial	51
Tabel 5.7	Data perhitungan histerisis gaya tangensial	52
Tabel 5.8	Data perhitungan histerisis gaya aksial	52
Tabel 5.9	Data perhitungan <i>repeatability error</i> gaya tangensial	53
Tabel 5.10	Data perhitungan <i>repeatability error</i> gaya aksial	54
Tabel 5.11	Data kalibrasi <i>dynamometer</i>	54
Tabel 5.12	Pengujian <i>dynamometer</i> gaya tangensial	56
Tabel 5.13	Pengujian <i>dynamometer</i> gaya aksial	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Gaya potong pada proses pembubutan	7
Gambar 2.2	Rangkaian <i>dynamometer</i> untuk pengukuran gaya potong pada mesin bubut	8
Gambar 2.3	Gaya internal dan gaya eksternal pada benda	9
Gambar 2.4	Perubahan panjang dan perubahan diameter pada batang	9
Gambar 2.5	Grafik perbandingan tegangan dan regangan	11
Gambar 2.6	Struktur <i>strain gauge</i>	11
Gambar 2.7	Bagian-bagian <i>strain gauge</i>	12
Gambar 2.8	Rangkaian <i>wheatstone bridge</i>	13
Gambar 2.9	<i>Wheatstone bridge</i> dengan 1 <i>strain gauge</i>	13
Gambar 2.10	<i>Wheatstone bridge</i> dengan 2 <i>strain gauge</i> <i>elongation</i> dan <i>contraction</i>	14
Gambar 2.11	Pemasangan <i>strain gauge</i> pada <i>cantilever</i>	15
Gambar 2.12	<i>Wheatstone bridge</i> dengan 2 <i>strain gauge</i> yang mengalami <i>elongation</i>	15
Gambar 2.13	<i>Wheatstone bridge</i> dengan 4 <i>strain gauge</i>	16
Gambar 2.14	Diagram blok sistem akuisisi data	16
Gambar 2.15	Kurva <i>linearity error</i>	17
Gambar 2.16	Kurva histerisis	18
Gambar 2.17	Kurva <i>repeatability error</i>	18
Gambar 2.18	Kurva kalibrasi	19
Gambar 3.1	Diagram alir pengerjaan tugas akhir rancang bangun <i>dynamometer</i>	20
Gambar 3.2	<i>Black box dynamometer</i>	22
Gambar 3.3	Sub fungsi <i>dynamometer</i>	22
Gambar 3.4	Konsep desain <i>dynamometer</i> 1	25
Gambar 3.5	Konsep desain <i>dynamometer</i> 2	26
Gambar 3.6	Konsep desain <i>dynamometer</i> 3	26
Gambar 3.7	Konsep desain <i>dynamometer</i> 4	27
Gambar 3.8	Gambar rakitan <i>dynamometer</i>	33
Gambar 3.9	Ilustrasi beban yang diterima <i>dynamometer</i>	34

Gambar 3.10	Hasil simulasi beban pada <i>dynamometer</i> dengan Catia V5R14	34
Gambar 4.1	<i>Holder</i> pahat	37
Gambar 4.2	Plat <i>strain gauge</i> dengan sensor	37
Gambar 4.3	<i>Holder dynamometer</i>	38
Gambar 4.4	<i>Clamp</i> kabel	38
Gambar 4.5	<i>Adjuster</i> pahat diam	39
Gambar 4.6	<i>Adjuster</i> pahat bergerak	39
Gambar 4.7	Rakitan <i>dynamometer</i>	39
Gambar 4.8	Rangkaian elektrik <i>dynamometer</i>	40
Gambar 4.9	Posisi <i>strain gauge</i> pada <i>dynamometer</i>	40
Gambar 4.10	Rangkaian <i>wheatstone bridge</i> pada <i>dynamometer</i>	40
Gambar 4.11	Rangkaian <i>power supply</i> 5V	41
Gambar 4.12	Kaki pin IC AD620	41
Gambar 4.13	<i>Hardware</i> akuisisi data Adventech USB-4716	42
Gambar 4.14	<i>Input output</i> Adventech USB-4716	42
Gambar 4.15	<i>Task designer software</i> PCLS-ADAMVIEW32	43
Gambar 4.16	<i>Display designer software</i> PCLS-ADAMVIEW32	43
Gambar 4.18	Skema elektrik <i>dynamometer</i>	44
Gambar 5.1	Jig kalibrasi	45
Gambar 5.2	(a) Kalibrasi gaya tangensial	45
	(b) Kalibrasi gaya aksial	45
Gambar 5.3	Grafik pembebanan bertambah untuk gaya tangensial	47
Gambar 5.4	Grafik pembebanan berkurang untuk gaya tangensial	47
Gambar 5.5	Grafik pembebanan bertambah untuk gaya aksial	48
Gambar 5.6	Grafik pembebanan berkurang untuk gaya aksial	49
Gambar 5.7	Grafik <i>linearity error</i> gaya tangensial	50
Gambar 5.8	Grafik <i>linearity error</i> gaya aksial	51
Gambar 5.9	Pengujian <i>dynamometer</i> di mesin bubut	55
Gambar 5.10	Perbandingan gaya tangensial terhadap <i>depth of cut</i> dengan variasi <i>feeding</i>	56

Gambar 5.11 Perbandingan gaya aksial terhadap *depth of cut* dengan variasi *feeding* 57



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Harga *dynamometer piezoelectric Kistler 9257B* di PT Taharica Jakarta.
- Lampiran 2 Gambar detail komponen mekanik *dynamometer*.
- Lampiran 3 Rangkaian kalibrasi *dynamometer*.
- Lampiran 4 Rincian biaya pembuatan *dynamometer*.
- Lampiran 5 Perbandingan gaya potong pengukuran dan perhitungan.
- Lampiran 6 Panduan penggunaan *dynamometer*.

