



**APLIKASI *REVERSE ENGINEERING* DALAM
PENGEMBANGAN ALAT PENEKUK (*BENDING*) MANUAL
GUNA MENINGKATKAN ASPEK ERGONOMI**

SKRIPSI

Oleh

**Fandy Maulana Syah Rizal
NIM 081910101061**

**PROGRAM STRATA I TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2012**



**APLIKASI *REVERSE ENGINEERING* DALAM
PENGEMBANGAN ALAT PENEKUK (*BENDING*) MANUAL
GUNA MENINGKATKAN ASPEK ERGONOMI**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi syarat-syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**Fandy Maulana Syah Rizal
NIM 081910101061**

**PROGRAM STRATA I TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2012**

PERSEMBAHAN

Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Skripsi ini saya persembahkan hanya untuk Allah *subhanahu wata'ala*. Tidak ada suatu apapun yang berhak disembah kecuali Dia. Semoga Allah melimpahkan barakah dan rahmatNya sehingga skripsi ini dapat bermanfaat untuk kebaikan bagi semua pihak.

MOTO

”Berilmulah sebelum berkata dan beramal.”

(Imam Al Bukhari *rahimahullah*)

“Hendaklah kalian berpegang dengan sunnahku, sunah para khalifah yang lurus dan mendapat petunjuk, berpegang teguhlah dengannya dan gigitlah dengan gigi-gigi geraham kalian.”

(Rasulullah *solallohu a'laihi wasallam*)

“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan,
sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.”

(Q.S Al Insyirah: 5-6)

“Raihlah ilmu, dan untuk meraih ilmu belajarlah untuk tenang dan sabar.”

(Khalifah Umar bin khattab)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Fandy Maulana Syah Rizal

NIM : 081910101061

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Aplikasi *Reverse Engineering* dalam Pengembangan Alat Penekuk (*Bending*) Manual guna Meningkatkan Aspek Ergonomi” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember. 6 Juni 2012
Yang menyatakan,

Fandy Maulana Syah Rizal
081910101061

SKRIPSI

APLIKASI *REVERSE ENGINEERING* DALAM PENGEMBANGAN ALAT PENEKUK (*BENDING*) MANUAL GUNA MENINGKATKAN ASPEK ERGONOMI

Oleh
Fandy Maulana Syah Rizal
NIM 081910101061

Pembimbing
Dosen Pembimbing Utama : Ir. Ahmad Syuhri, M.T
Dosen Pembimbing Anggota : Mahros Darsin, S.T., M.Sc

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Aplikasi *Reverse Engineering* dalam Pengembangan Alat Penekuk (*Bending*) Manual guna Meningkatkan Aspek Ergonomi” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Jumat, 22 Juni 2012

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember.

Ketua,

Sekretaris,

Ir. Ahmad Syuhri, M.T.
NIP. 19670123 199702 1 001

Mahros Darsin, S.T., M.Sc.
NIP. 19700322 199501 1 001

Dosen Penguji I,

Dosen Penguji II,

Ir. Dwi Djumhariyanto, M.T.
NIP. 19600812 199802 1 001

Hari Arbiantara, S.T., M.T.
NIP. 19670924 199412 1 001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember

Ir. Widyono Hadi, MT.
NIP. 19610414 198902 1 001

RINGKASAN

Aplikasi *Reverse Engineering* dalam Pengembangan Alat Penekuk (*Bending*) Manual guna Meningkatkan Aspek Ergonomi; Fandy Maulana Syah Rizal. 081910101061; 2012: 70 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Proses penekukan (*bending*) merupakan proses yang sering dijumpai dalam dunia *manufacturing*. Alat penekuk yang digunakan bengkel mekanik skala kecil sebagian besar menggunakan mekanisme manual. Nilai ergonomi pada alat penekuk (*bending*) manual tersebut hampir tidak diperhatikan, walaupun fungsi dan kegunaannya telah memadai. Untuk itu perlu dilakukan upaya berupa pengembangan produk dalam meningkatkan aspek ergonomi, agar alat penekuk manual tersebut lebih aman dan nyaman digunakan. Pengembangan aspek ergonomi alat penekuk manual melihat dari segi dimensi tubuh (antropometri). Lebih dari itu, dalam merancang suatu produk harus diperhatikan bahwa rancangan produk tersebut harus mampu untuk dirakit, diukur, dapat didaur ulang, mempunyai kemampuan untuk dimanufaktur.

Metode *reverse engineering* merupakan metode yang akan diterapkan dalam pengembangan alat penekuk manual tersebut. *Reverse engineering* adalah sebuah proses untuk menemukan prinsip-prinsip sistem melalui analisis strukturnya fungsi operasi dan menganalisis cara kerja alat tersebut secara lebih rinci yang kemudian digunakan untuk tujuan dalam pemeliharaan atau untuk mencoba membuat perangkat baru atau padanannya sehingga diperoleh data-data dari suatu sistem. Berdasarkan data-data tersebut pengembangan dengan menitik beratkan pada peningkatan aspek ergonomi dapat dilakukan dengan memaksimalkan kenyamanan dan kegunaan alat terhadap pengguna. Analisis kekuatan rangka alat perlu juga diperhatikan, perhitungan tersebut dapat dianalisa dengan menggunakan bantuan *software CATIA V5R14* yaitu untuk mengetahui tegangan yang terjadi pada rangka saat alat penekuk manual dioperasikan. Untuk mengetahui tingkat resiko cedera pengguna alat penekuk

manual dapat dianalisis dengan data pengukuran antropometri pengguna sasaran melalui metode RULA (*Rapid Upper Limb Assesment*) pada *software CATIA V5R14*. Dan proses terakhir adalah proses manufaktur pembuatan prototipe alat penekuk manual tersebut.

Pengolahan data antropometri yang dilakukan berdasarkan 17 jenis pengukuran antropometri pada 15 orang pengguna alat. Melalui data antropometri dihasilkan analisis RULA pada pengembangan alat penekuk manual mengalami perbaikan dari skor final 5 dan 6 yang menunjukkan bahwa sikap kerja berada pada kondisi yang diperlukan suatu pengecekan atau investigasi dan adanya perubahan terhadap sikap tubuh atau alat untuk perbaikan sistem kerja, menjadi skor final 3 dan 4 yang menunjukkan bahwa sikap kerja berada diantara *range* gerakan yang ditentukan dengan memendekkan panjang *handle* 17 cm. Dengan material alat penekuk manual yaitu ST 37, melalui perhitungan komputasi terlihat bahwa tegangan terbesar yang terjadi masih berada di bawah tegangan ijin dari bahan itu sendiri. Gaya yang dibutuhkan untuk menekuk pelat pada alat penekuk manual awal dengan ketebalan antara 0,5 mm sampai 10 mm adalah sebesar 220 N sampai 1800 N, sedangkan pada pengembangan alat penekuk manual adalah sebesar 310 N sampai 2800 N. Perbandingan tegangan statis yang terjadi pada rangka sebelum dikembangkan sebesar $1,152 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ dan setelah dikembangkan sebesar $4,878 \times 10^6 \text{ N/m}^2$. Jumlah bagian pada alat penekuk manual awal terdiri atas 4 bagian yaitu: *handle*,udukan penekuk, pin, dan *tools*. Dalam pengembangan jumlah bagian ditambahkan penggaris busur sebagai pengukur besar derajat penekukan, serta dilakukan modifikasi pada *handle* dengan menambah pegangan pada ujung *handle*.

SUMMARY

Reverse Engineering Application for Manual Bending Tools Development to Improve Ergonomics Aspects: Fandy Maulana Syah Rizal, 081910101061: 70 pages; the Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering, Jember University.

Bending process is often encountered in the world of manufacturing. Bending tool, that is used on a small scale mechanics shop mostly using manual mechanisms. The ergonomics value in the manual bending tool is almost no attention, even the functions and usefulness have been adequately. Would benefit from a product development effort in improving the ergonomic aspects, so that the manual bending tool is safer and more comfortable to use. Ergonomic aspects of the manual bending tool development look in terms of body dimensions (anthropometry). Moreover, should be noted that the design of the development product must be able to be assembled, measured, can be recycled, and easy in the manufacturing process.

Reverse engineering method is a method to be applied in the development of manual bending tool. Reverse engineering is a process to discover the principles of a system by analyzing its structure and operations functions to analyze the workings of these tools in more detail which is then used for the purpose of maintenance or to try to create a new device or its equivalent in order to obtain data from a system. Based on these data with emphasis on the development of improved ergonomic aspects can be done by maximizing the convenience and usefulness. Stress analysis for tools should also be noted, these calculations can be analyzed with CATIA V5R14 software, is to know the stress that occurs on the order when the manual bending tool is operated. To determine the level of risk injury for the user can be analyzed by the target user's anthropometric measurement data through the method of RULA (Rapid Upper Limb Assessment) on the software CATIA V5R14. And final is the manufacturing process of prototyping manual bending tool development.

Antrpometry data processing performed by 17 different anthropometric measurements in 15 people of the user tools. Through the analysis of anthropometric data generated on the manual bending tool development, RULA final score improved from 5 and 6 that means investigate further and change soon, become RULA final score 3 and 4 that means investigate further by shortening the length of handle 17 cm. With manual bending tool material that is ST 37, through the computational calculation shows that the greatest stress occurs is still under the stress of the material itself permits. Force required to bend the plate on the manual bending tool early with a thickness between 0.5 mm to 10 mm is equal to 220 N to 1800 N, whereas the development is equal to 310 N to 2800 N. Comparison of static stress that occur in the structure before it was developed by $1,152 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ and after the development of $4,878 \times 10^6 \text{ N/m}^2$. The part number on the beginning of manual bending tool consists of 4 parts: handle, holder, pin, and tools. On development tools, added a ruler on the tool as a measure degree of bending and made modifications to handle grip.

PRAKATA

Alhamdulillah segala puji syukur kehadirat Allah *subhanahu wa ta'ala*, karena dengan rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Aplikasi *Reverse Engineering* dalam Pengembangan Alat Penekuk (*Bending*) Manual guna Meningkatkan Aspek Ergonomi”.

Selama penelitian dan penulisan laporan skripsi ini, telah banyak mendapatkan bantuan, bimbingan dan pengarahan dari berbagai pihak. Dalam kesempatan ini tak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir Ahmad Syuhri, M.T., selaku Dosen Pembimbing I, dan Mahros Darsin, S.T., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam membantu proses terselesainya penulisan laporan skripsi.
2. Bapak Hary Sutjahjono, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang banyak memberikan pengarahan selama masa perkuliahan.
3. Dosen-dosen jurusan Teknik Mesin Universitas Jember dan seluruh guru mulai TK sampai SMA yang telah memberikan ilmunya dengan tulus ikhlas, semoga Allah *subhanahu wa ta'ala* memberikan balasan yang setimpal.
4. Almarhumah ibunda tercinta Sulcha atas semua kasih sayangnya yang telah melahirkanku ke dunia dan ayahanda tercinta Suhadak Rizal atas seluruh perjuangannya yang tak henti-hentinya memberikan dorongan semangat dan doa demi terselesainya kuliahku.
5. Adikku Dwiki Primadi Zulkarnaen yang tengah berbahagia atas kelahiran anak pertamanya, yang memberi dorongan moril maupun materil.
6. Dianita Ayu Artisa, wanita yang dititipkan Allah *azza wa jalla* kepadaku untuk ku bahagiakan. Disaat hampir putus asa engkau selalu memberikan dorongan semangat tanpa henti-hentinya, *it's mean a lot for me*.

7. Saudara-saudaraku Mc'Engine 08 (Teknik Mesin angkatan 2008) yang selalu membantu dan menemaniku dalam keadaan senang maupun galau yang telah banyak memberikan pengalaman hidup.
8. Sahabat-sahabatku yang sudahku anggap seperti keluarga, Hertanto dan Pandu sekeluarga, bersama-sama kita menjalani hidup dan menemukan jati diri masing-masing.
9. Serta seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu dalam pelaksanaan skripsi ini.

Skripsi ini disusun berdasarkan data-data yang diperoleh dari studi lapangan dan studi kepustakaan serta uji coba yang dilakukan, bilamana terdapat kekurangan dalam penulisan, penulis senantiasa terbuka untuk menerima kritik dan saran dalam upaya penyempurnaan skripsi ini.

Jember, Juni 2012

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN SAMPUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
<i>SUMMARY</i>	x
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Proses <i>Bending</i>	5
2.2 Alat Penekuk (<i>Bending</i>)	6
2.3 Alat Penekuk (<i>Bending</i>) Manual yang Akan Dikembangkan	7
2.4 <i>Reverse Engineering</i>	9

2.5 Ergonomi	12
2.5.1 Antropometri.....	12
2.5.2 <i>Rapid Upper Limb Assessment (RULA)</i>	14
2.6 Kecukupan Data dan Keseragaman Data	19
2.6.1 Kecukupan Data.....	19
2.6.2 Keseragaman Data	20
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1 Metode Penelitian	21
3.1.1 Metode Pengumpulan Data.....	21
3.1.2 Metode Pengembangan.....	21
3.2 Waktu Penelitian	22
3.3 Alat, Bahan, dan Spesifikasi Pengguna Dalam Percobaan ...	22
3.3.1 Alat dan Bahan.....	22
3.3.2 Spesifikasi Pengguna Dalam Percobaan.....	23
3.4 Prosedur Penelitian	23
3.5 Diagram Alir Penelitian	24
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Analisa Data	26
4.1.1 Pengumpulan Data Antropometri	26
4.1.2 Analisis Kecukupan dan Keseragaman Data	27
4.2 Pengembangan Alat Penekuk (<i>Bending</i>) Manual Dengan Metode <i>Reverse Engineering</i>	30
4.2.1 Data Produk yang Akan Dikembangkan	30
4.2.2 Analisis RULA (<i>Rapid Upper Limb Assessment</i>) Alat Penekuk Manual yang Akan Dikembangkan	33
4.2.3 Proses Manufaktur dan Material Konstruksi	37
4.2.4 Analisis Tegangan Struktur Alat Penekuk (<i>Bending</i>) Manual.....	40
4.3 Pengembangan Konsep Alat Penekuk (<i>Bending</i>) Manual	42

4.4 Analisis Kemampuan Penekukan Alat Penekuk (<i>Bending</i>)	
Manual	47
4.5 Pembuatan Prototipe Pengembangan Alat Penekuk	
(<i>Bending</i>) Manual	50
4.6 Analisa Ergonomi RULA Pengembangan Alat Penekuk	
(<i>Bending</i>) Manual	54
4.7 Analisis Analisis Hasil Pengembangan Alat Penekuk	
(<i>Bending</i>) Manual	57
BAB 5. PENUTUP	61
5.1 Kesimpulan	61
5.2 Saran	62
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Jangkauan nilai tingkat resiko cedera	19
4.1 Data hasil pengukuran.....	26
4.2 Data hasil perhitungan kecukupan data.....	28
4.3 Data hasil perhitungan keseragaman data.....	29
4.4 Skor RULA alat penekuk (<i>bending</i>) manual yang akan dikembangkan.....	34
4.5 Skor untuk lengan dan pergelangan tangan (RULA)	35
4.6 Skor untuk posisi leher, punggung, dan kaki (RULA)	36
4.7 Skor final (RULA)	36
4.8 Sifat mekanik baja karbon ST 37	40
4.9 Hasil perhitungan gaya yang dibutuhkan pada proses penekukan.....	48
4.10 Skor RULA alat penekuk (<i>bending</i>) manual yang telah dikembangkan	55

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Ilustrasi <i>bending</i> pada pelat	5
Gambar 2.2 Mesin penekuk (<i>bending</i>) dengan sistem hidrolik	6
Gambar 2.3 Alat penekuk (<i>bending</i>) manual	7
Gambar 2.4 Alat penekuk (<i>bending</i>) manual yang akan dikembangkan	7
Gambar 2.5 Tuas penekuk (<i>handle</i>)	7
Gambar 2.6 Dudukan penekuk (<i>chasis</i>) alat penekuk (<i>bending</i>) manual	8
Gambar 2.7 (a) Pin, (b) <i>Tools</i> penekuk	8
Gambar 2.8 a. Proses penekukan awal pelat alat penekuk (<i>bending</i>) manual b. Proses penekukan awal pelat alat penekuk (<i>bending</i>) manual.	9
Gambar 2.9 Proses rekonstruksi <i>reverse engineering</i>	10
Gambar 2.10 Antropometri posisi berdiri	13
Gambar 2.11 Antropometri tangan	14
Gambar 2.12 Diagram perhitungan RULA	17
Gambar 3.1 Diagram alur penelitian	25
Gambar 4.1 Grafik kurva keseragaman data	29
Gambar 4.2 CAD alat penekuk (<i>bending</i>) manual awal	30
Gambar 4.3 Analisis statis CAD tegangan alat penekuk (<i>bending</i>) manual	41
Gambar 4.4 Desain konsep alat penekuk (<i>bending</i>) manual	43
Gambar 4.5 Analisis statis CAD tegangan pengembangan alat penekuk (<i>bending</i>) manual	44
Gambar 4.6 Hasil analisis postur tubuh dengan menggunakan metode RULA..	50
Gambar 4.7 Hasil <i>meshing</i> pemodelan elemen hingga alat penekuk manual	47
Gambar 4.8 Variasi tebal pelat, besar gaya penekukan, dan besar nilai tegangan pada pemodelan proses penekukan alat penekuk manual	48
Gambar 4.9 Grafik perbandingan gaya yang diperlukan untuk proses penekukan	47

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Jenis Pengukuran Antropometri yang Dilakukan	65
B. <i>Worksheet</i> Analisis Perhitungan RULA.	66
C. Dokumentasi Penelitian	67
C-1. Pengukuran antropometri	67
C-2. Alat penekuk manual awal	68
C-3. Alat penekuk manual pengembangan	68
C-4. Pengamatan ergonomi RULA pada alat penekuk manual awal	69
C-5. Pengamatan ergonomi RULA pada alat penekuk manual yang telah dikembangkan	70
D. Perbandingan Hasil Pengembangan Alat Penekuk (<i>Bending</i>) Manual	71
E. Data Antropometri Masyarakat Indonesia	72
F. Gambar Teknik Pengembangan Alat Penekuk Manual	73