

**MODIFIKASI DESAIN KONSTRUKSI ALAT
BENDING V DENGAN SISTEM HIDRO PNEUMATIK**



SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
pendidikan diploma empat (D-4) Program Studi Teknik Manufaktur
Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Ujung Pandang

ARIAL	44320072
FARID HIDAYAT ARFA	44320074
ANDI FADEL AHMAD	44320069

PROGRAM STUDI D-4 TEKNIK MANUFAKTUR

JURUSAN TEKNIK MESIN

POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

MAKASSAR

2022

HALAMAN PENGESAHAN

Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi dengan judul "*Modifikasi Desain Konstruksi Alat Bending V dengan Sistem Hidro Pneumatik*" oleh Ariel NIM 44320072, Farid Hidayat Arfa NIM 44320074 dan Andi Fadel Ahmad NIM 44320069, layak untuk diujikan.

Makassar, 6 Oktober 2022

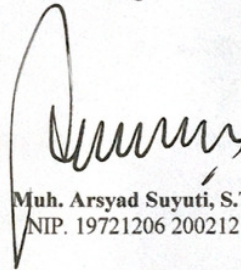
Menyetujui,

Pembimbing I,

Pembimbing II



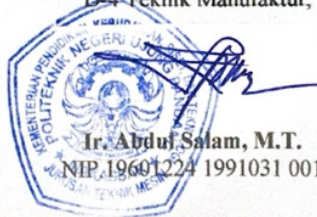
Rusdi Nur, S.ST., M.T., Ph.D.
NIP. 19741106 200212 002



Muh. Arsyad Suyuti, S.T., M.T.
NIP. 19721206 200212 004

Mengetahui,

Koordinator Program Studi
D-4 Teknik Manufaktur,



Ir. Abdul Salam, M.T.
NIP. 19661224 1991031 001

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, hari Rabu tanggal 17 Maret 2022 , tim penguji ujian skripsi telah menerima hasil skripsi oleh mahasiswa: oleh Arial NIM 44320072, Farid Hidayat Arfa NIM 44320074 dan Andi Fadel Ahmad NIM 44320069 dengan judul “Modifikasi Desain Konstruksi Alat Bending V dengan Sistem Hidro Pneumatik.”

Makassar, 6 Oktober 2022

Tim Seminar Hasil Skripsi:

1. Ir. Abdul Salam, M.T.	Ketua	(.....)
2. Sitti Sahriana, S.S., M.AppLing.	Sekretaris	(.....)
3. Ir. Syaharuddin Rasyid, M.T..	Anggota	(.....)
4. Ir. Muas M, M.T	Anggota	(.....)
5. Rusdi Nur, S.S.T., M.T., Ph.D.	Pembimbing I	(.....)
6. Muhammad Arsyad Suyuti, S.T., M.T.	Pembimbing II	(.....)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah swt. karena berkat rahmat dan karunia-Nya, penulisan skripsi ini yang berjudul “Modifikasi Desain Konstruksi Alat Bending V dengan Sistem Hidro Pneumatik” dapat diselesaikan dengan baik.

Dalam penulisan skripsi ini tidak sedikit hambatan yang penulis alami. Namun, berkat bantuan berbagai pihak terutama pembimbing, hambatan tersebut dapat teratasi. Sehubungan dengan itu, pada kesempatan dan melalui lembaran ini penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan kepada:

1. Bapak Prof. Ir. Muhammad Ansar, M.Si., Ph.D. selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang;
2. Bapak Rusdi Nur, S.ST., M.T., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang dan pembimbing I yang memberikan arahan dan bimbingan dalam penyelesaian skripsi ini;
3. Bapak Ir. Abdul Salam, M.T. selaku Koordinator Program Studi D-4 Teknik Manufaktur yang telah membantu kami dalam segala urusan skripsi ini
4. Bapak Muh. Arsyad Suyuti, S.T., M.T. selaku Dosen Jurusan Teknik Mesin dan pembimbing II yang memberikan arahan dan bimbingan dalam penyelesaian skripsi ini;
5. Para dosen dan staf Politeknik Negeri Ujung Pandang yang tidak disebut namanya satu persatu atas limpahan ilmu yang telah diberikan;

6. Rekan-rekan Teknik Mesin angkatan 2020 khususnya pada program studi D-4RPL Teknik Manufaktur atas kebersamaan dan kerjasamanya selama ini;
7. Semua pihak yang terlibat yang tidak dapat disebutkan namanya satu persatu atas segala bentuk bantuan sehingga tugas akhir kami dapat terselesaikan.

Ucapan terima kasih dan penghargaan juga disampaikan kepada orang tua serta seluruh keluarga tercinta yang telah memberi bantuan materi maupun non-materi sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini belum sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritikan dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan tugas akhir ini dan demi perbaikan pada masa mendatang. Semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi pembacanya.

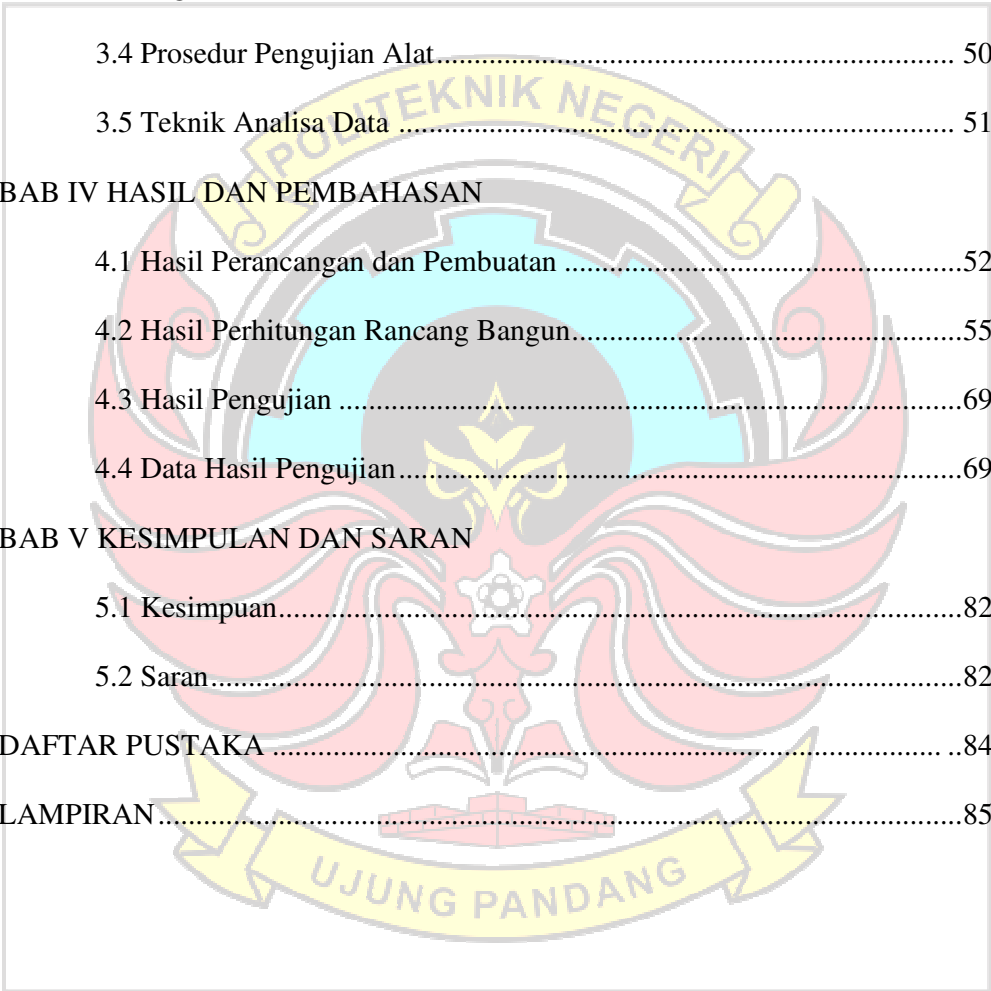
Makassar, 6 Oktober 2022

Penulis

DAFTAR ISI

	hlm.
HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PENERIMAAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	x
RINGKASAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup kegiatan	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Pengertian Alat Bending Pelat	4
2.2 Konsep dasar Alat Bending Pelat	4
2.3 Komponen-komponen Alat Bending Pelat	5
2.4 Sistem Otomasi	9
2.5 Prinsip Kerja Alat Bending Pelat sistem HidroPneumatik	20
2.6 Dasar - Dasar Perhitungan	20

2.7 Pneumatik	25
BAB III METODE PENELITIAN	33
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	33
3.2 Alat dan Bahan	33
3.3 Bagan alir	35
3.4 Prosedur Pengujian Alat.....	50
3.5 Teknik Analisa Data	51
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil Perancangan dan Pembuatan	52
4.2 Hasil Perhitungan Rancang Bangun.....	55
4.3 Hasil Pengujian	69
4.4 Data Hasil Pengujian.....	69
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	82
5.2 Saran.....	82
DAFTAR PUSTAKA	84
LAMPIRAN.....	85



DAFTAR TABEL

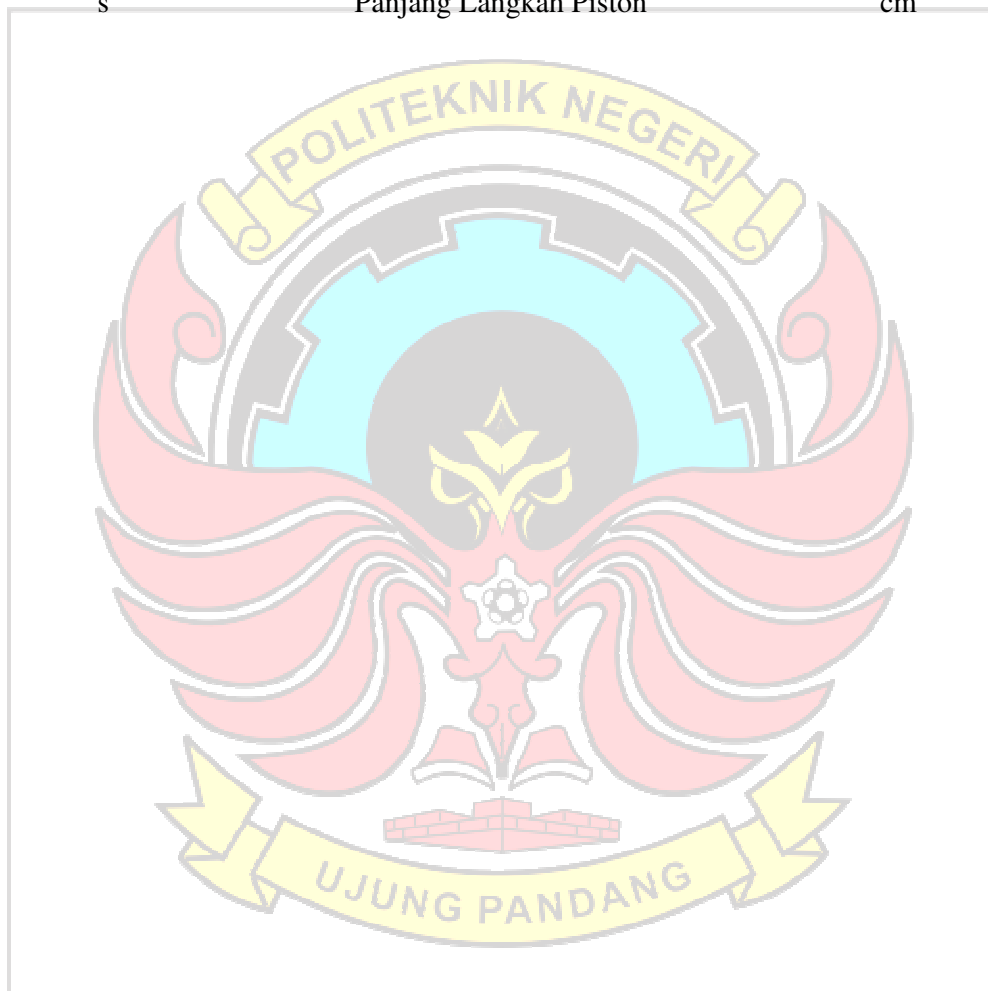
hlm.

Tabel 2.13	Keuntungan dan Kerugian Pneumatik	26
Tabel 2.7.1	Gaya Piston Silinder dari Berbagai Ukuran pada Tekanan 1-10 Bar	28
Tabel 2.7.2	Kebutuhan Udara Silinder Pneumatik Persentimeter Langkah dengan Fungsi Tekanan Kerja dan Diameter Piston	29
Tabel 2.7.3	Kecepatan Rata-Rata Piston dari Gaya Luar dan Ukuran lubang aliran	31
Tabel 3.1	proses pembuatan komponen alat bending pelat dengan sistem Hidrolik	39
Tabel 3.2	komponen-komponen standar mesin	40
Tabel 4.1	spesifikasi komponen utama ala	53
Tabel 4.2	Data Hasil Bending Sampel	71
Tabel 4.3	biaya bahan langsung	72
Tabel 4.4	biaya tenaga kerja	73
Tabel 4.5	rincian biaya listrik permesinan	76
Tabel 4.6	nilai sisa	80
Tabel 4.7	biaya penyusutan	80
Tabel 4.8	biaya tidak langsung	81
Tabel 4.9	biaya total pengerjaan	81

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Satuan
P	Gaya Bending	N
T	Tebal Pelat	mm
L	Panjang Garis Bending	mm
W	Jarak Bukaan Die	mm
V	Volume Bahan	Kg
p	Massa Jenis Bahan	Kg/mm ³
D	Diameter Rata-rata Lilitan Pegas	mm
d	Diameter Kawat Pegas	mm
W	Massa Bahan	mm ³
K	Konstanta Pegas	mm
W _{pegas}	Beban	N
δ	Defleksi	mm
G	Modulus Geser	83x10 ³ N/mm
τ _g	Tegangan Geser	N/mm ²
F	Gaya	N
T	Tebal Pengelasan	mm
L	Lebar Pengelasan	mm
σ _t	Tegangan Tarik Elektroda	N/mm ²
d ₁	Diameter Inti Baut	mm
D ²	Diameter Piston	m

d	Diameter Batang Piston	m
A	Luas Penampang Piston	m ²
p	Tekanan Kerja	Pa
Q	Kebutuhan Udara Silinder	l/min
s	Panjang Langkah Piston	cm



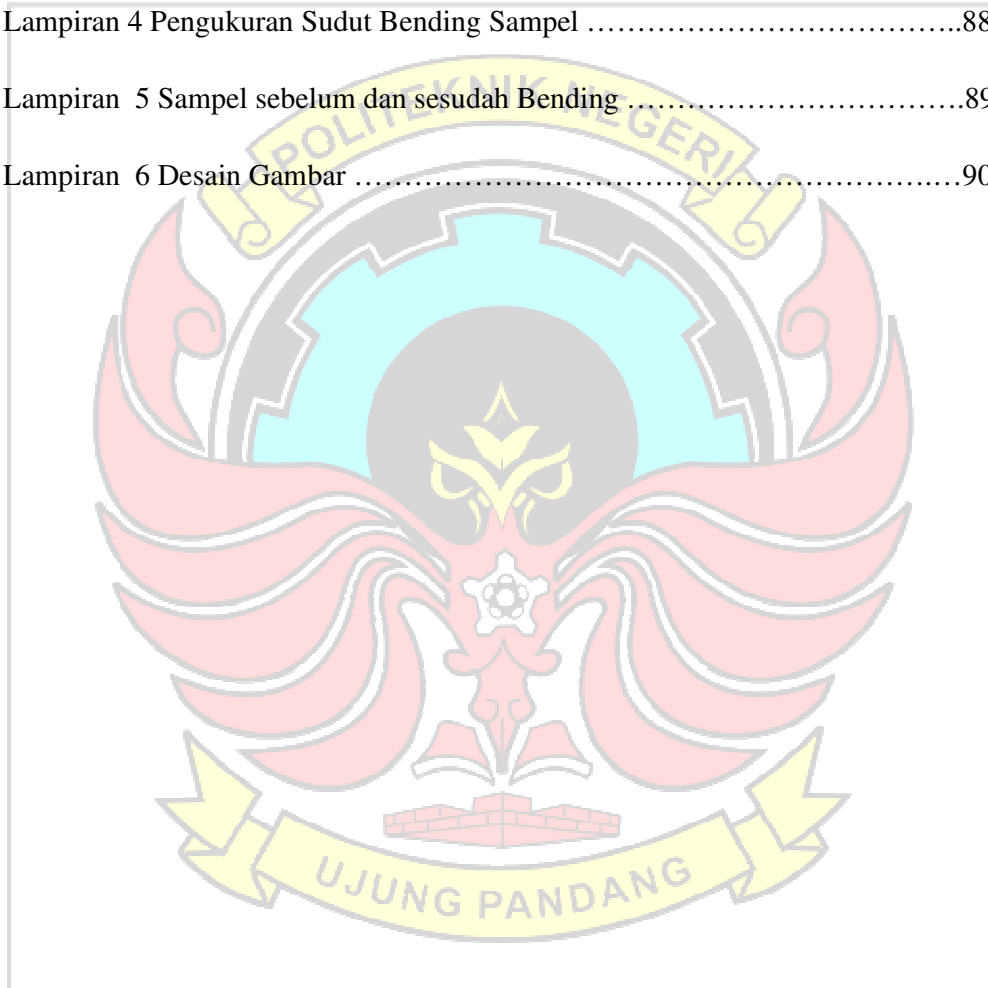
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Prinsip Kerja Mesin Bending V	5
Gambar 2.2	Proses Kerja Program Instruksi.....	11
Gambar 2.3	Hubungan Elemen Dasar sistem Otomasi.....	13
Gambar 2.4	Silinder Pneumati	13
Gambar 2.5	Adaptor Power Supply DC 24V	14
Gambar 2.6	Saklar.....	14
Gambar 2.7	Regulator Step Down	15
Gambar 2.8	Mikrokontroler	16
Gambar 2.9	Modul Relay	16
Gambar 2.10	Tombol	17
Gambar 2.11	Solenoid Valve	17
Gambar 2.12	Limit Switch.....	18
Gambar 2.13	Rangkaian Listrik	19
Gambar 2.14	V-die.....	21
Gambar 2.15	Beban pada Pegas.....	22
Gambar 2.16	Macam macam Sambungan Las.....	24
Gambar 2.17	Sambun.....	24
Gambar 2.18	Gerakan Piston Pneumatik	28
Gambar 2.19	Proses Terjadinya Springback	32
Gambar 3.1	Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian Alat Bending	35
Gambar 3.2	Konstruksi Alat Bending	36
Gambar 3.3	Konstruksi Punch dan Die.....	37

Gambar 3.4	Perancangan Top Plate	38
Gambar 3.5	Konsep Bottom Plate.....	38
Gambar 3.6	Pegas.....	38
Gambar 3.7	Rangkaian Sistem Kontrol Pneumatik	44
Gambar 3.8	Langkah Kerja Alat	45
Gambar 3.9	Aliran Listrik pada Autonomic Press Tool.....	46
Gambar 3.10	Benda Uji.....	50
Gambar 4.1	Hasil Perancangan	53
Gambar 4.2	Hasil Pembuatan.....	54
Gambar 4.3	Parameter Pelat yang akan di Bengkokkan	55
Gambar 4.4	Top Plate	58
Gambar 4.5	Punch V	59
Gambar 4.6	Button Plate	60
Gambar 4.7	Pilar	61
Gambar 4.8	Sampel Sebelum di Tekuk.....	70
Gambar 4.9	Sampel Setelah di Tekuk t :2 mm	70
Gambar 4.10	Sampel Setelah di Tekuk t :3 mm	70
Gambar 4.11	Sampel Setelah di Tekuk t :4 mm	71

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Proses Pemotongan Bahan	85
Lampiran 2 Pembuatan Pelat Atas dan Bawah	86
Lampiran 3 <i>Finishing</i> Alat.....	87
Lampiran 4 Pengukuran Sudut Bending Sampel	88
Lampiran 5 Sampel sebelum dan sesudah Bending	89
Lampiran 6 Desain Gambar	90



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Andi Fadel Ahmad

NIM : 44320069

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini yang judul “Modifikasi Desain Konstruksi Alat Bending V dengan Sistem Hidro Pneumatik” merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing dan belum pernah diajukan dalam bentuk apa pun pada perguruan tinggi dan instansi mana pun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam skripsi ini.

Jika ada pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, saya siap menanggung risiko yang ditetapkan oleh pihak Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 14 Maret 2023

A 10,000 Indonesian postage stamp (METERAL TEMPEL) with a signature over it. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text 'REPUBLIK INDONESIA', '10000', and 'METERAL TEMPEL'. The serial number '55210AKX312622303' is visible at the bottom left of the stamp.

Andi Fadel Ahmad

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Arial

NIM : 44320072

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini yang judul “Modifikasi Desain Konstruksi Alat Bending V dengan Sistem Hidro Pneumatik” merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing dan belum pernah diajukan dalam bentuk apa pun pada perguruan tinggi dan instansi mana pun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam skripsi ini.

Jika ada pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, saya siap menanggung risiko yang ditetapkan oleh pihak Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 14 Maret 2023



Arial

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Farid Hidayat Arfa

NIM : 44320074

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini yang judul “Modifikasi Desain Konstruksi Alat Bending V dengan Sistem Hidro Pneumatik” merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing dan belum pernah diajukan dalam bentuk apa pun pada perguruan tinggi dan instansi mana pun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam skripsi ini.

Jika ada pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, saya siap menanggung risiko yang ditetapkan oleh pihak Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar 14 Maret 2023



10000
REPUBLIK INDONESIA
METERAI
TEMPEL
CS859AKX312622305

Farid Hidayat Arfa

MODIFIKASI DESAIN KONSTRUKSI ALAT BENDING V DENGAN SISTEM HIDRO PNEUMATIK

RINGKASAN

Banyak bentuk pengembangan teknologi yang bertujuan menjawab kebutuhan akan efisiensi kerja manusia, maka suatu upaya pengembangan teknologi yang efektif sangat diperlukan. Seiring kemajuan zaman yang semakin berkembang tentunya banyak sekali perubahan-perubahan terutama pada IPTEK yang mungkin telah menggeser secara total pada wilayah perindustrian, artinya dalam perubahan ini perlu membutuhkan operasional ekstra yaitu tenaga manusia digantikan oleh tenaga mesin. Salah satunya adalah Mesin penekuk plat atau yang disebut mesin bending. Tujuan dari program ini sesuai dengan rumusan masalah diatas adalah untuk memaksimalkan sistem penggerak dan sistem penekuk sehingga pelat yang ditekuk membentuk sudut 90° .

Penelitian ini mencakup beberapa hal seperti pembuatan sketsa atau gambar alat bending yang akan dimodifikasi, Adapun yang kami modifikasi yaitu penggantian pada top serta bottom plate yang lebih besar agar sistem penekan berfungsi dengan baik, serta penggantian pada pegas sehingga sesuai dengan beban yang diterima pegas. Setelah menentukan bentuk rancangan konstruksi Alat Bending plat tersebut maka kemudian menentukan konsep tiap komponen utama alat bending plat guna mendapatkan hasil tekukan yang maksimal dan baik.

Data hasil pengujian alat bending portabel ini dilakukan pengujian dengan ketebalan pelat yang berbeda-beda yaitu pelat 2 mm, 3 mm dan 4 mm. Pengujian dilakukan pada masing-masing ketebalan dengan menggunakan garis bending maksimum. Berdasarkan pengujian yang dilakukan menggunakan alat bending ini bahwa sistem penggerak bekerja dengan maksimal maupun sistem penekuk berfungsi dengan baik dan maksimal bending pada plat dengan tebal 4mm bisa dibending dengan sudut yang tepat yaitu 90° dikatakan bekerja dengan maksimal

Kata Kunci : Alat Bending, Hidro Pneumatik, Pelat

BAB I

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Banyak bentuk pengembangan teknologi yang bertujuan menjawab kebutuhan akan efisiensi kerja manusia, maka suatu upaya pengembangan teknologi yang efektif sangat diperlukan. Seiring kemajuan zaman yang semakin berkembang tentunya banyak sekali perubahan-perubahan terutama pada IPTEK yang mungkin telah menggeser secara total pada wilayah perindustrian, artinya dalam perubahan ini perlu membutuhkan operasional ekstra yaitu tenaga manusia digantikan oleh tenaga mesin. Salah satunya adalah Mesin penekuk plat atau yang disebut mesin *bending*. Mesin penekuk plat adalah pengerjaan membentuk logam lembaran (plat) sehingga sesuai dengan bentuk dan ukuran yang sudah direncanakan (Shigley, 1983). Pengerjaan plat dapat dilakukan dengan menggunakan keterampilan mesin, dengan proses tekuk *bending*.

Di Indonesia proses bending masih banyak ditemukan dibengkel produksi sederhana yang menggunakan cara manual yaitu menggunakan palu dan landasan besi. Namun dibeberapa bengkel produksi lainnya ditemui mesin penekuk platnya sudah menggunakan hidrolik namun masih menggunakan tenaga manusia untuk menggerakkannya. Kedua hal tersebut dirasa belum efisien dari segi waktu dan tenaga. Sehingga telah dibuat alat tekuk plat dengan sistem tenaga hidrolik dengan menggunakan pneumatik sebagai penggerak hidrolik (Dullah, M. J, 2020). Dari hasil pengamatan alat tersebut masih terdapat beberapa kekurangan yang memerlukan perbaikan melalui dimodifikasi. Kekurangan-kekurangan tersebut

antara lain sub sistem penekuk belum mampu menekuk benda kerja dengan ukuran panjang 300mm, lebar 60mm dan tebal 4 mm dengan sudut 90° serta pegas tarik tidak mampu menarik sub sistem penekuk kembali keposisi semula.

Permasalahan diatas dapat diatasi dengan mengembangkan semua sistem penekuk dan penggerak sehingga dapat menghasilkan hasil tekuk yang diinginkan.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka rumusan masalah yang didapat yakni bagaimana agar sistem penggerak dan sistem penekuk dapat berfungsi sehingga dapat menekuk pelat dengan sudut 90° .

1.3. Ruang Lingkup Kegiatan

Dalam proses pembuatan alat *bending* dengan sistem hidrolis pneumatik, ada beberapa batasan-batasan masalah yang diuraikan guna memperjelas ruang lingkup permasalahan yang dibahas. Batasan-batasan masalah tersebut dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Benda kerja yang akan di tekuk (*bending*) adalah lembaran pelat baja ST 42 dengan ukuran lebar 60 mm, ketebalan 2 mm, 3 mm, 4 mm dan panjang maksimal 300 mm.
2. Dalam penyusunan laporan ini lebih ditekankan pada: Perbaikan sistem penekan hidrolis dan sistem penggerak pneumatik.

1.4. Tujuan dan Manfaat Kegiatan

1.4.1 Tujuan

Tujuan dari program ini sesuai dengan rumusan masalah diatas adalah untuk memaksimalkan sistem penggerak dan sistem penekuk sehingga dapat menekuk pelat dengan sudut 90° .

1.4.2 Manfaat

Penelitian ini diharapkan bisa memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Dapat mempercepat dan memudahkan dalam proses bending suatu benda kerja.
2. Dapat produktif tanpa henti dengan kualitas konstan dan tinggi dengan bending otomatis.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Alat *Bending* Pelat

Alat *bending* adalah suatu alat yang digunakan untuk menekuk suatu material dengan cara memberikan tekanan pada bagian tertentu material sehingga terjadi proses deformasi (perubahan bentuk) sesuai dengan yang dikehendaki. Pada pengerjaannya mesin bending menggunakan sistem hidrolik yang menggunakan tenaga fluida untuk melakukan pengerjaan.

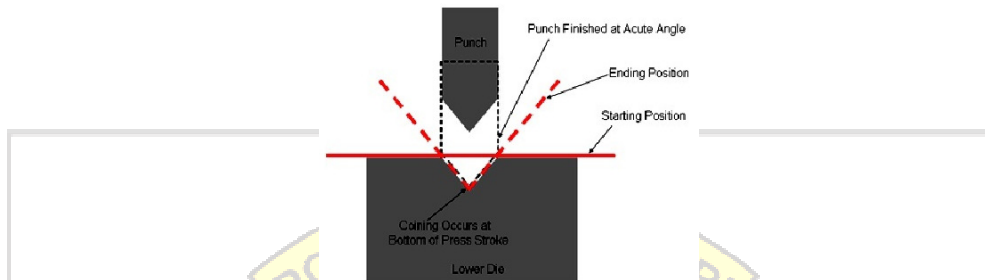
Menurut Siswanto W.A (2006) Alat Bending adalah penekukan atau pembengkokan pada suatu alat/material. Proses bending pada lembaran logam atau pelat (*sheet metal forming*) adalah proses penekanan pelat datar sampai tahap deformasi plastis pelat, hingga akhirnya menjadi komponen baru yang sesuai dengan permukaan.

2.2 Konsep Dasar Alat *Bending* Pelat

Proses perubahan bentuk logam secara plastis dengan cara penekanan lewat penekuk (*punch*) dan pembentuk (*die*) sebagai pelengkung dengan menggunakan *press* hidrolik dinamakan proses *bending*. Pengerjaan ini banyak digunakan pada proses pengerjaan logam khususnya pada pengerjaan dingin logam (*metal cold working*). Pelengkungan logam ini pada dasarnya terdiri *punch*.

Penekuk dan *dies* pembentuk yang berbentuk V yang dilengkapi *guide post* (pilar), pelat atas dan pelat bawah sebagai tempat komponen-komponen tersebut, disertai penggerak *dies* yakni hidrolik oli. Gaya yang dihasilkan pada pembengkokan dapat mencapai ribuan Kgf, oleh karena itu diperlukan konstruksi

yang kokoh. Sebagai ilustrasi proses bending dapat diperlihatkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.1. Prinsip kerja mesin bending V (Serope Kalpakjian, 2010)

2.3 Komponen – Komponen Alat Bending Pelat

Mengingat alat *bending* dapat digunakan untuk berbagai macam tujuan sesuai dengan bentuknya, maka komponen–komponen yang dimiliki alat *bending* pelat dapat berbeda sehingga komponen yang ada pada suatu alat *bending* pelat belum tentu ditemukan pada alat *bending* pelat yang lain tergantung pada kegunaannya. Dengan mengetahui komponen–komponen dari alat tersebut akan memberikan gambaran mengenai biaya pembuatan alat ini. Terdapat beberapa pendapat mengenai komponen alat *bending* pelat manual diantaranya yang dikemukakan oleh Donalson (1976) terdiri dari:

1. *Punch*,
2. Pegas,
3. Pelat landasan,
4. *Pressure* (pelat penekan),
5. *Dies*,
6. *Shank* (tangkai Pemegang),

7. *Holder plate* (pelat pemegang *punch*).

Tak jauh berbeda yang dikemukakan oleh Saharuddin dan Sefri mangdik (2006) bahwa komponen alat *bending* pelat manual terdiri dari :

1. *Shank* (tangkai pemegang),

2. *Punch*,

3. Landasan

4. Pegas

5. *Top plate* (pelat atas)

6. *Bottom Plate* (pelat bawah),

7. *Dies*.

Dari kedua kutipan di atas terdapat beberapa perbedaan komponen. Hal ini disebabkan karena dari setiap mesin *bending* di sesuaikan dengan kegunaanya.

Berdasarkan dari kedua kutipan di atas, dapat disimpulkan bahwa komponen–komponen utama dari alat *bending* pelat adalah sebagai berikut :

1. *Punch*

7. Landasan dasar

2. *Die*

8. Pelat atas (*top plate*)

3. Pegas

9. Pelat bawah (*bottom plate*)

4. Poros/pilar

10. Rangka

5. *Bushing*

11. Hidrolik

6. Baut pengikat

12. *Pneumatic*

Adapun komponen–komponen utama tersebut diatas dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. *Punch*

Punch merupakan komponen utama *press tool*. *Punch* biasanya dipasang pada pelat atas (*top plate*) atau bahkan pada pelat bawah (*bottom plate*). Material *punch* yang di gunakan umumnya adalah St.60.

2. *Die*

Die merupakan pasangan dari *punch* untuk pada proses pembentukan pelat sehingga dalam perencanaan bentuk *die* selalu disesuaikan dengan bentuk *punch*. Bahan *die* sama dengan bahan *punch* agar *die* tidak mengalami keausan diakibatkan sering digunakan.

3. Pegas

Pegas merupakan suatu komponen yang digunakan untuk mengembalikan *punch* pada posisi awal saat proses penekukan pelat. Material pegas yang ideal adalah material yang memiliki kekuatan *ultimate* yang tinggi, kekuatan *yield* yang tinggi, dan modulus elastisitas atau modulus geser yang rendah untuk menyediakan kemampuan penyimpanan energi yang maksimum.

4. Poros/Pilar

Poros/Pilar merupakan suatu komponen yang berfungsi sebagai pengarah *punch* sehingga tidak terjadi pergeseran dan *punch* tetap sesumbu dengan *die*.

5. Bushing

Bushing merupakan suatu komponen yang berfungsi sebagai bantalan agar tidak terjadi pergeseran antara poros dan pegas sehingga tetap sesumbu dengan *punch* dan *die*.

6. Landasan dasar

Landasan dasar merupakan tempat yang menopang semua komponen yang ada pada alat *bending*.

7. Pelat atas (*top plate*)

Pelat atas atau *top plate* merupakan pendukung untuk menahan dongkrak hidrolik pada saat dongkrak hidrolik dipompa turun kebawah. *Top plate* merupakan pelat persegi panjang yang dirancang sesuai dengan kebutuhan dan biasanya terbuat dari baja karbon menengah.

8. Pelat bawah (*bottom plate*)

Pelat bawah (*bottom plate*) adalah pelat persegi tempat dudukan dongkrak hidrolik pada rancangan suatu alat *bending*.

9. Rangka

Rangka merupakan bagian dari alat *bending* yang berfungsi untuk menopang semua komponen-komponen lain yang ada pada alat *bending* pelat.

10. Baut Pengikat

Baut pengikat berfungsi untuk mengikat atau penyambung kerangka alat *bending*.

11. Sistem hidrolik

Sistem Hidrolik adalah suatu sistem/peralatan yang bekerja berdasarkan sifat dan potensi/kemampuan yang ada pada zat cair (*liquid*). Kata hidrolik sendiri berasal dari bahasa 'Greek' yakni dari kata '*hydro*' yang berarti air dan '*aulos*' yang berarti pipa. Namun, pada masa sekarang ini sistem hidrolik kebanyakan menggunakan air atau campuran oli dan air (*water emulsion*) atau oli. Sistem

hidrolik pada alat *bending* pelat berfungsi sebagai tenaga penekan dalam proses pembentukan atau membending pelat.

12. Pneumatic

Pneumatik berasal dari Bahasa Yunani *pneuma* yang berarti udara atau angin.

Semua sistem yang menggunakan tenaga yang disimpan dalam bentuk udara yang dimampatkan untuk menghasilkan suatu kerja disebut sistem pneumatik. Dalam penerapannya, sistem pneumatik banyak digunakan sebagai sistem otomasi pada dunia industri, mulai dari penyusunan, pencengkaman, pencetakan, pengatur arah benda kerja, pemindahan, penyortiran sampai pengepakan barang. Adapun komponen sistem pneumatik adalah sebagai berikut: *Air Regulator*, Katup 5/2 Way, *Solenoid Valve*, Katup Pengontrol Aliran (*Flow Control Valve*), Silinder Kerja Ganda, Silinder Kerja tunggal, dan komponen pendukung (selang, *Fitting* atau sambungan *Silencer*).

2.4 Sistem Otomasi

“Menurut Pambudi, 2006, Sistem otomasi dapat didefinisikan sebagai suatu teknologi yang berkaitan dengan aplikasi mekanik, elektronik dan sistem yang berbasis komputer (komputer, PLC atau mikro). Semuanya bergabung menjadi satu untuk memberikan fungsi terhadap manipulator (mekanik) sehingga akan memiliki fungsi tertentu”.

Otomasi sistem produksi adalah mengubah semua proses produksi pada suatu industri dari manual menjadi otomatis menggunakan sistem mekanik, elektronik dan sistem berbasis komputerisasi. Metode otomasi ini pertama kali diterapkan

oleh James Watt pada governor sentrifugal miliknya untuk mengontrol kecepatan mesin sekitar abad ke 18.

Sistem otomasi pada industri manufaktur merupakan yang paling banyak diterapkan dibandingkan industri lainya. Mulai dari pemilihan material, perakitan, hingga quality control bisa dilakukan secara otomatis.

Berikut ini alasan penggunaan otomasi sistem produksi pada industri :

- Menghemat biaya tenaga kerja
- Dapat meningkatkan hasil produksi
- Hasil kerja lebih berkualitas
- Terhindar dari kesalahan manusia (human eror)
- Keamanan lebih terjaga
- Produksi bisa berjalan dengan cepat

2.4.1 Elemen Dasar Otomasi Alat *Bending Pelat*

Terdapat tiga elemen dasar yang menjadi syarat mutlak bagi sistem otomasi, yaitu *power*, *program of instruction* dan kontrol sistem, yang semuanya untuk mendukung proses dari sistem otomasi tersebut.

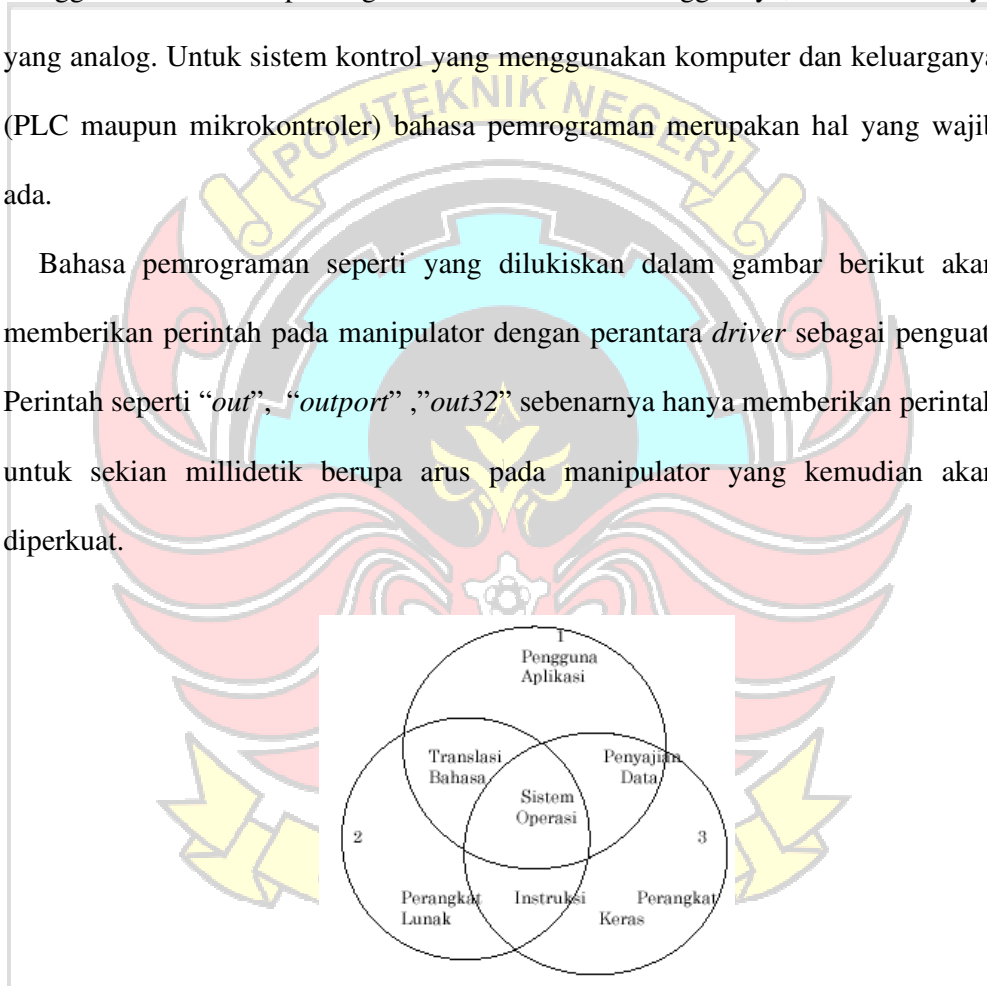
- *Power*

Power atau bisa dikatakan sumber energi dari sistem otomasi berfungsi untuk menggerakkan semua komponen dari sistem otomasi. Sumber energi bisa menggunakan energi listrik, baterai, ataupun *Accu*, semuanya tergantung dari tipe sistem otomasi itu sendiri.

- *Program of instruction*

Proses kerja dari sistem otomasi mutlak memerlukan sistem kontrol baik menggunakan mekanis, elektronik ataupun komputer. Untuk program instruksi / perintah pada sistem kontrol mekanis maupun rangkaian elektronik tidak menggunakan bahasa pemrograman dalam arti sesungguhnya, karena sifatnya yang analog. Untuk sistem kontrol yang menggunakan komputer dan keluarganya (PLC maupun mikrokontroler) bahasa pemrograman merupakan hal yang wajib ada.

Bahasa pemrograman seperti yang dilukiskan dalam gambar berikut akan memberikan perintah pada manipulator dengan perantara *driver* sebagai penguat. Perintah seperti “out”, “outport”, ”out32” sebenarnya hanya memberikan perintah untuk sekian millidetik berupa arus pada manipulator yang kemudian akan diperkuat.



Gambar 2.2. Proses kerja program instruksi

Translasi/kompilasi bahasa (seperti Pascal, C, Basic, Fortran), memberi fasilitas pada programer untuk mengimplementasikan program aplikasi. Daerah ini merupakan antarmuka antara pengguna dengan sistem. Translator atau

kompiler untuk bahasa pemrograman tertentu akan mengubah statemen-statemen dari pemrogram menjadi informasi yang dapat dimengerti oleh komputer.

Instruksi komputer merupakan antarmuka antara perumusan perangkat lunak program aplikasi dan perangkat keras komputer. Komputer menggunakan instruksi tersebut untuk mendefinisikan urutan operasi yang akan dieksekusi.

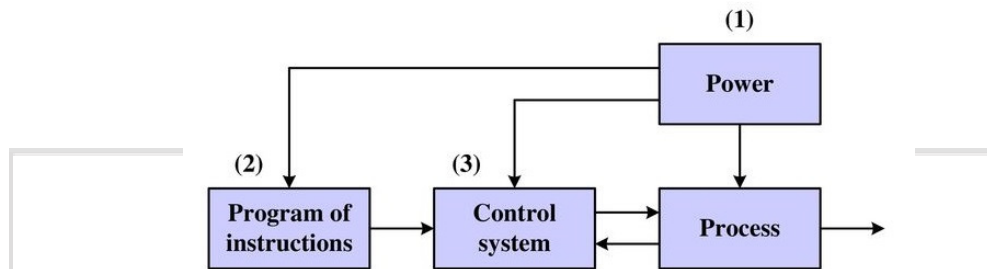
Penyajian Data membentuk antarmuka antara program aplikasi dan komputer. Daerah irisan dari ketiga lingkaran menyatakan sistem operasi. Sistem operasi ini yang akan mengkoordinasi interaksi program, mengatur kerja dari perangkat lunak dan perangkat keras yang bervariasi, serta operasi dari unit masukan/keluaran.

Komputer merupakan salah satu produk teknologi tinggi yang dapat melakukan hampir semua pekerjaan diberbagai disiplin ilmu, tetapi komputer hanya akan merupakan barang mati tanpa adanya bahasa pemrograman untuk menggambarkan apa yang kita kerjakan, sistem bilangan untuk mendukung komputasi, dan matematika untuk menggambarkan prosedur komputasi yang kita kerjakan.

- Sistem kontrol

Sistem kontrol merupakan bagian penting dalam sistem otomasi. Apabila suatu sistem otomasi dikatakan layaknya semua organ tubuh manusia seutuhnya maka sistem kontrol merupakan bagian otak / pikiran, yang mengatur dari keseluruhan gerak tubuh. Sistem kontrol dapat tersusun dari komputer, rangkaian elektronik sederhana, peralatan mekanik. Hanya saja penggunaan rangkaian

elektronik, peralatan mekanik mulai ditinggalkan dan lebih mengedepankan sistem kontrol dengan penggunaan komputer dan keluarganya (PLC, mikrokontroler).



Gambar 2.3. hubungan elemen dasar sistem otomasi

2.4.2 Komponen Otomasi Alat *Bending Pelat*

Adapun komponen otomatis yang akan digunakan pada alat bending pelat ini antara lain :

1. Silinder Pneumatik

Perangkat mekanis yang menggunakan kekuatan udara bertekanan untuk menghasilkan kekuatan dalam gerakan bolak-balik piston secara linear (gerakan keluar-masuk). Silinder pneumatik akan bergerak ketika ada suplai udara bertekanan dari solenoid. Silinder jenis ini menggunakan kekuatan udara bertekanan untuk mendorong piston keluar dan mendorong piston untuk kembali pada posisi awal (menarik kedalam).



Gambar 2.4. silinder pneumatik

2. Adaptor Power Supply DC 24V

Sebuah alat yang dapat mengubah tegangan listrik AC yang besar menjadi tegangan DC yang kecil. *Adaptor power supply* DC24V dapat mengubah tegangan listrik dari AC 220V ke DC 24V. Tegangan DC 24V dibutuhkan untuk mengaktifkan atau menonaktifkan solenoid.



Gambar 2.5. Adaptor power supply DC 24V

3. Saklar

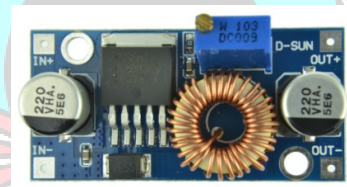
suatu alat yang berfungsi memutuskan dan juga penyambungan arus listrik atau aliran listrik. Saklar menghubungkan tegangan dari Adaptor ke rangkaian utama.



Gambar 2.6. saklar

4. Regulator Step Down

Sebuah komponen yang berfungsi sebagai pengaman dari tegangan atau arus berlebih serta hubungan singkat arus listrik. Selain dari pada itu, *Regulator Step Down* berfungsi menurunkan dan menstabilkan tegangan yang awalnya 24V ke 9V. Tegangan 9V adalah tegangan yang dibutuhkan mikrokontroler untuk bekerja. Regulator juga dapat berfungsi sebagai pengaman ketika ada hubungan singkat arus listrik.

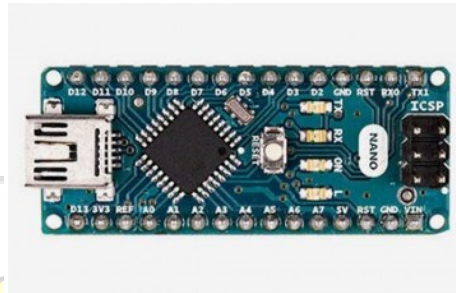


Gambar 2.7. Regulator step down

5. Mikrokontroler

Sebuah komponen elektronik yang berfungsi sebagai pusat pengontrol rangkaian elektronik lainnya. *Mikrokontroler* tersusun dalam satu chip dimana prosesor, memori, dan I/O terintegrasi menjadi satu kesatuan kontrol sistem sehingga *mikrokontroler* dapat dikatakan sebagai komputer mini yang dapat bekerja secara inovatif sesuai dengan kebutuhan sistem. Arduino Nano adalah salah satu jenis dari sekian banyak jenis *Mikrokontroler*, Arduino Nano memiliki ukuran yang sangat kecil dibandingkan mikrokontroler jenis lainnya serta

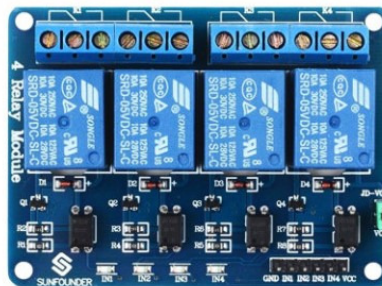
mempunya pin I/O yang cukup mencakup pin untuk Tombol, *Limit Switch*, dan *Relay Module*. Mikrokontroler memiliki tegangan kerja Input 5V sampai 12V DC.



Gambar 2.8. mikrokontroler

6. Modul Relay

Perantara antara Mikrokontroler dan Selenoid adalah sebuah Relay Modul. Relay adalah komponen elektronik yang berfungsi sebagai pemutus dan penyambung tegangan listrik. Modul Relay dikontrol oleh Mikrokontroler untuk mengalirkan atau memutuskan tegangan dan arus ke Selenoid Valve. Relay yang digunakan mempunyai 5 kaki. 3 kaki digunakan sebagai pemutus dan penyambung tegangan 24V dari saklar sementara 2 kaki yang lainnya adalah pin input 5V untuk mengaktifkan Relay. Ketika Relay aktif maka akan meneruskan tegangan 24V ke *Selenoid Valve*.



Gambar 2.9. modul relay

7. Tombol

Sebuah komponen yang berfungsi sebagai input yang akan masuk ke mikrokontroler. Prinsip Tombol hampir sama seperti Saklar yaitu memutuskan atau menghubungkan arus dan tegangan. Ketika Tombol ditekan, tegangan di kedua kaki Tombol akan terhubung dan memberi sinyal Input ke Mikrokontroler.



Gambar 2.10. Tombol

8. Solenoid Valve

Solenoid Valve berfungsi untuk menyalurkan atau memutuskan udara bertekanan dari Kompresor ke Pneumatik. Komponen ini terdiri dari katup listrik atau koil sebagai penggeraknya dimana ketika koil mendapat suplai tegangan DC 24V, sebuah pin akan tertarik akibat gaya magnet dari koil tersebut. Setelah pin tertarik udara bertekanan akan diteruskan ke Pneumatik. Udara ini akan menggerakkan Pneumatik untuk bergerak maju atau mundur. Jenis solenoid yang akan digunakan yaitu solenoid 5/2.



Gambar 2.11. solenoid valve

9. Limit Switch

Sama seperti Tombol dan Saklar, *Limit Switch* mempunyai prinsip kerja memutus dan menghubungkan tegangan listrik. *Limit Switch* digunakan sebagai penanda dari pergerakan Silinder Pneumatik. Ketika Limit tertekan, tegangan akan mengalir dan memberi sinyal input ke Mikrokontroler.



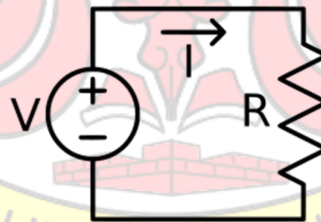
Gambar 2.12. limit switch

2.4.3 Sistem Kelistrikan Alat *Bending Pelat*

Rangkaian listrik adalah interkoneksi beberapa komponen listrik sehingga muatan listrik dibuat berpindah melalui jalur tertutup (rangkaiannya), biasanya digunakan untuk melakukan tujuan tertentu. Komponen dalam rangkaian listrik dapat terdiri dari berbagai macam elemen seperti resistor, kapasitor, sakelar, transformator dan elektronika. Rangkaian listrik terdiri dari komponen aktif, biasanya semikonduktor, dan biasanya berjalan non-linear, membutuhkan analisis

kompleks. Komponen listrik paling sederhana adalah komponen-komponen pasif dan linear: ketika mereka dapat menyimpan energi sementara, mereka tidak punya sumbernya, dan akan memperlihatkan respon linear jika diberi stimulus.

Elektronika berhubungan dengan rangkaian listrik yang berisi komponen aktif seperti tabung vakum, transistor, dioda dan sirkuit terintegrasi. Sifat nonlinear dari komponen aktif dan kemampuannya untuk mengontrol aliran elektron membuat penguatan signal lemah menjadi mungkin dan elektronika secara luas digunakan pada pemrosesan informasi, telekomunikasi, dan pemrosesan sinyal. Kemampuan peralatan elektronik untuk menjadi sakelar memungkinkan pemrosesan informasi digital. Ditambah teknologi papan rangkaian, pengemasan elektronik, dan berbagai bentuk rangkaian infrastruktur komunikasi, mengubah komponen yang terpisah-pisah menjadi satu sistem kesatuan kerja.



Gambar 2.13. rangkaian listrik

2.4.4 Arduino IDE

Adapun *software*/aplikasi pemrograman yang akan digunakan dalam automatic press tool adalah Arduino IDE. IDE merupakan kependekan dari *Integrated Development Environment*, atau secara bahasa mudahnya merupakan

lingkungan terintegrasi yang digunakan untuk melakukan pengembangan. Disebut sebagai lingkungan karena melalui software inilah Arduino dilakukan pemrograman untuk melakukan fungsi-fungsi yang dibenamkan melalui sintaks pemrograman. Arduino menggunakan bahasa pemrograman sendiri yang menyerupai bahasa C. Bahasa pemrograman Arduino (*Sketch*) sudah dilakukan perubahan untuk memudahkan pemula dalam melakukan pemrograman dari bahasa aslinya. Sebelum dijual ke pasaran, IC mikrokontroler Arduino telah ditanamkan suatu program bernama *Bootlader* yang berfungsi sebagai penengah antara *compiler* Arduino dengan mikrokontroler.

2.5 Prinsip Kerja Alat *Bending* Plat dengan Sistem Hidro Pneumatik

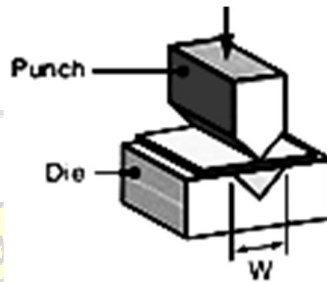
Prinsip kerja alat *bending* pelat dengan sistem hidro *Pneumatik* ini yaitu menggunakan sistem hidrolis sebagai tenaga penekannya dan *pneumatik* sebagai penggerak utama pada hidrolis dalam proses pembengkokan pelat untuk membentuk atau menekuk pelat. Pelat yang akan *bending* diukur dengan ukuran panjang 300 mm dan lebar 100 mm yang diletakan pada landasan *die*. Ketika tuas dongkrak hidrolis dipompa oleh *pneumatic* sehingga mengakibatkan *punch* turun kebawah sampai menekan pelat sehingga pelat tersebut membengkok. Saat *valve* kontrol yang ada pada dongkrak hidrolis dilonggarkan sehingga mengurangi tekan pada *punch*, maka pegas akan mengembalikan *punch* pada posisi awalnya.

2.6 Dasar Dasar Perhitungan Modifikasi

Dalam pembuatan alat *bending* pelat dengan sistem hidrolis ini, ada beberapa hal yang menjadi dasar-dasar perhitungan yaitu:

2.6.1 Perhitungan Gaya Tekuk Pada Pelat yang Dibengkokkan

Besar gaya bending pelat dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:



Gambar 2.14 V-die (Serope Kalpakjian, 2010)

Persamaan gaya bending :

$$P = \frac{(UTS)LT^2}{W}$$

Dimana :

P = Gaya bending (N)

T = tebal pelat (mm)

L = panjang garis bending (mm)

W = jarak bukaan die (mm)

UTS = material pelat

2.6.2 Perhitungan Massa Bahan

Untuk mengetahui massa/berat maka dapat digunakan persamaan sebagai berikut (Suyuti, 2019) :

$$W = V \times \rho \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

W = Massa bahan (Kg)

V = Volume bahan (mm³)

ρ = Massa jenis bahan (Kg/ mm³)

2.6.3 Perhitungan Beban Pegas

Untuk perhitungan pegas digunakan rumus sebagai berikut (Suyuti,2019) :

$C = D/d$

Dimana :

- C = Indeks pegas
- D = Diameter rata-rata lilitan pegas (mm)
- d = Diameter kawat pegas (mm)

$$K = \frac{4C-1}{4C-4} + \frac{0,615}{C}$$

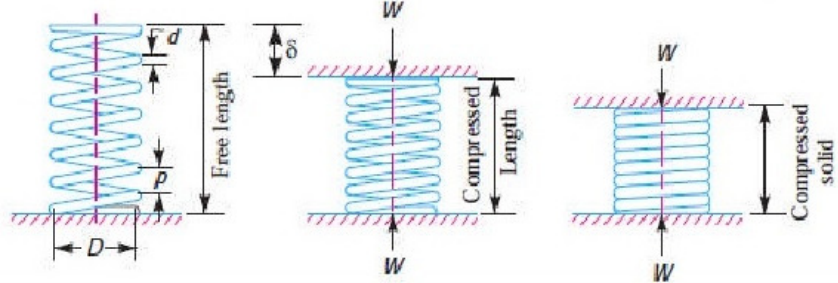
Dimana :

- K = konstanta pegas (Suyuti,2019)

$$\delta = \frac{8WD^3n}{Gd^4}$$

N = n + (1,5 sampai 2)

$w = \frac{\delta Gd^4}{8D^3}$



Gambar 2.15 Beban pada Pegas

Dimana:

$W_{\text{pegas}} = \text{Beban (N)}$

- δ = Defleksi (mm)
- G = Modulus geser (83x10³ N/mm)
- N = Jumlah lilitan pegas
- n = Jumlah lilitan yang aktif

2.6.4 Perhitungan Kebutuhan Gaya Hidrolik

Kebutuhan gaya hidrolik pada alat *bending* dapat diketahui dengan menjumlahkan gaya *bending* pada pelat ditambah dengan gaya pegas dikurang dengan beban *punch* dan *bottom plate*.

$$F_{total} = F_{bending} + \text{Beban pegas} - \text{Beban punch}$$

$$F_{total} = F_{bending} + W_{pegas} - W_{punch}$$

2.6.5 Perhitungan kekuatan pengelasan

Kekuatan pengelasan tiap komponen memiliki peranan yang sangat penting dalam menciptakan rangka yang kokoh dan kuat. Karenaitu pengelasan yang diberikan harus sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Adapun perhitungan pengelasan adalah sebagai berikut (Suryanto, 1985:73):

$$\tau_g = \frac{F}{0,707.T.L.N}$$

Dimana:

$$\tau_g = \text{Tegangan geser (N/mm}^2\text{)}$$

$$F = \text{Gaya (N)}$$

$$T = \text{Tebal pengelasan (mm)}$$

$$L = \text{Lebar pengelasan (mm)}$$

$$V = \text{Faktor keamanan}$$

Sedangkan Tegangan geser yang diizinkan (τ_g) :

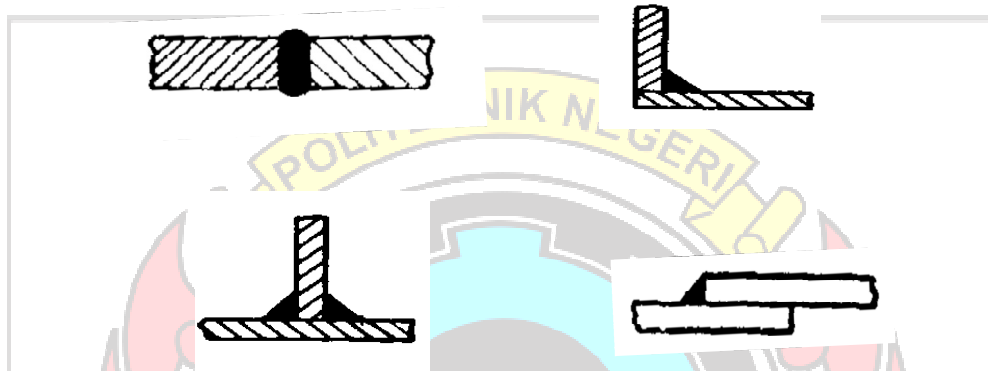
$$\frac{\sigma_t}{V}$$

$$\tau_g = 0,5 \times$$

Dimana:

σ_t = Tegangan tarik elektroda (N/mm²)

V = Faktor keamanan

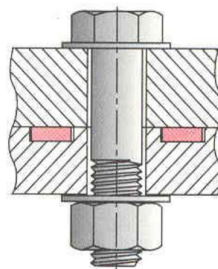


Gambar 2.16 Macam-macam sambungan

2.6.6 Perhitungan Sambungan Baut

Untuk penyambungan dua bagian atau komponen, kita mengenal beberapa jenis sambungan. Salah satu diantaranya adalah sambungan baut dan mur. Keuntungan sambungan ini adalah mampu menahan beban yang cukup besar, biasanya relatif murah dan mudah untuk pada saat dipasang ataupun dibuka bila diinginkan.

Sebagai sarana penyambung yang akan dilepas banyak dipergunakan ulir sekrup. Ulir sekrup pada sebuah batang bulat (tangcai) disebut baut sekrup . Atau disingkat baut, berbentuk segi empat atau segi enam sehingga dapat dikencangkan dari luar.



Gambar 2.17 Sambung

Untuk menentukan diameter baut didasarkan pada tegangan yang terjadi pada baut tersebut. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut (Sularso, 2001:25):

$$\tau_g = \frac{F}{\frac{1}{4}\pi \cdot (d_i^2) \cdot n}$$

Dimana:

F = Gaya yang terjadi (N)

d_i = Diameter inti baut (mm)

τ_g = Tegangan geser (N/mm^2)

n = Jumlah baut

2.7 Pneumatik

Pneumatik merupakan teori atau pengetahuan tentang udara yang bergerak dan bertekanan. kata pneumatik berasal dari bahasa Yunani, "pneuma" yang berarti "napas" atau "udara". jadi pneumatik berarti *terisi udara* atau digerakkan oleh udara mampat. Pneumatik merupakan cabang teori aliran atau mekanika fluida dan tidak hanya meliputi penelitian aliran-aliran udara melalui sistem saluran, yang terdiri atas pipa-pipa, selang-selang, gawai dan sebagainya, tetapi juga aksi dan penggunaan udara mampat.

“Supriyono, Mulyanto dan Fauzi (2016), berpendapat bahwa pneumatik merupakan salah satu sistem otomasi yang memanfaatkan udara bertekanan, sebagai media perantara. Udara bertekanan yang dibutuhkan tersebut diperoleh dari tangki penyimpanan udara bertekanan yang dihasilkan oleh compressor. Sistem pneumatic biasanya dikombinasikan dengan sistem otomasi lainnya, seperti sistem otomasi hidrolik, elektrik dan PLC agar diperoleh pengontrolan sesuai kebutuhan industri. Perangkat pneumatik bekerja dengan memanfaatkan udara yang dimampatkan (*compressed air*). Dalam hal ini udara yang dimampatkan didistribusikan kepada sistem yang adasehingga kapasitas sistem terpenuhi”.

Keuntungan dan kerugian sistem pneumatik:

Adapun keuntungan bila menggunakan udara bertekanan antara lain :

Tabel 2.13 Keuntungan dan kerugian pneumatik

Keuntungan	Kerugian
-Penyimpanannya mudah	Biaya persiapannya mahal
-Transportasi udara mudah dan murah (tidak diperlukan pipa balik)	- Persiapan udaranya perlu perhatian khusus
- Bersih	- Bising
- Tahan ledakan	- Daerah kekuatan gayanya terbatas
- Dapat dikontrol (kecepatan,gaya)	(hanya ekonomis untuk beban dibawah
- Aman terhadap beban lebih	2 ton).
- Kecepatan / kerja element tinggi.	

2.7.1. Gaya Piston Silinder *Pneumatik*

Gaya piston yang dihasilkan oleh silinder bergantung pada tekanan udara, diameter silinder dan tahanan gesekan dari komponen perapat. Gaya piston secara teoritis dihitung menurut persamaan 2.11 berikut :

$$F = A \cdot p$$

Untuk silinder kerja ganda:

Langkah Maju digunakan persamaan sebagai berikut 2.12 (Suyuti :2019):

$$F = D^2 \cdot \frac{\pi}{4} p$$

langkah mundur digunakan persamaan 2.13 sebagai berikut (Suyuti 2019):

$$F = (D^2 - d^2) \cdot \frac{\pi}{4} p$$

Keterangan :

F = Gaya piston (N)

D = Diameter piston (m)

d = Diameter batang piston (m)

A = Luas penampang piston yang dipakai (m²)

p = Tekanan Kerja (Pa)

pada silinder kerja ganda, gaya piston silinder kembali lebih kecil dari pada silinder maju karena adanya diameter batang piston akan mengurangi luas penampang piston. Sekitar 3 – 10 % adalah tahanan gesekan. Berikut ini adalah gaya piston silinder dari berbagai ukuran pada tekanan 1 – 10 bar.



Tabel 2.7.1 . Gaya piston silinder dari berbagai ukuran pada tekanan 1 – 10 bar.

Diame ter	Tekanan Kerja (bar)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Piston (mm)	Gaya Piston (kgf)									
6	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
16	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
25	4	9	13	17	21	24	30	34	38	42
35	8	17	26	35	43	52	61	70	78	86
40	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120
50	17	35	53	71	88	106	124	142	159	176
70	34	69	104	139	173	208	243	278	312	346
100	70	141	212	283	353	424	495	566	636	706
140	138	277	416	555	693	832	971	1110	1248	1386
200	283	566	850	1133	1416	1700	1983	2266	2550	2832
250	433	866	1300	1733	2166	2600	3033	3466	3800	4332

Silinder pneumatik tahan terhadap beban lebih. Silinder pneumatik dapat dibebani lebih besar dari kapasitasnya. Beban yang tinggi menyebabkan silinder diam



Gambar 2.18. gerakan piston pneumatik

2.7.2. Kebutuhan Udara Pneumatik

Untuk menyiapkan udara dan untuk mengetahui biaya pengadaan energi, terlebih dahulu harus diketahui konsumsi udara pada sistem. Pada tekanan kerja, diameter piston dan langkah tertentu. Untuk mempermudah dan mempercepat dalam menentukan kebutuhan udara, tabel di bawah ini menunjukkan kebutuhan udara persentimeter langkah piston untuk berbagai macam tekanan dan diameter piston silinder.

Tabel 2.7.2. Kebutuhan udara silinder pneumatik persentimeter langkah dengan fungsi tekanan kerja dan diameter piston.

Diameter Piston (mm)	Tekanan Kerja (bar)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Kebutuhan udara (q) dalam liter/cm langkah									
6	0,0005	0,0008	0,0011	0,0014	0,0016	0,0019	0,0022	0,0025	0,0027	0,0030
12	0,002	0,003	0,004	0,006	0,007	0,008	0,009	0,010	0,011	0,012
16	0,004	0,006	0,008	0,010	0,011	0,014	0,016	0,018	0,020	0,022
25	0,010	0,014	0,019	0,024	0,029	0,033	0,038	0,043	0,048	0,052
35	0,019	0,028	0,038	0,047	0,056	0,066	0,075	0,084	0,093	0,103
40	0,025	0,037	0,049	0,061	0,073	0,085	0,097	0,110	0,122	0,135
50	0,039	0,058	0,077	0,096	0,115	0,134	0,153	0,172	0,191	0,210
70	0,076	0,113	0,150	0,187	0,225	0,262	0,299	0,335	0,374	0,411
100	0,155	0,231	0,307	0,383	0,459	0,535	0,611	0,687	0,763	0,839
140	0,303	0,452	0,601	0,750	0,899	1,048	1,197	1,346	1,495	1,644
200	0,618	0,923	1,227	1,531	1,835	2,139	2,443	2,747	3,052	3,356
250	0,966	1,441	1,916	2,392	2,867	3,342	3,817	4,292	4,768	5,243

Kebutuhan udara dihitung dengan satuan liter/menit (l/min) sesuai dengan standar kapasitas kompresor. Kebutuhan udara silinder ditentukan menggunakan persamaan 2.14. berikut :

Selinder kerja ganda :

$$Q = s \cdot n \cdot q \dots\dots\dots(\text{Suyuti: 2019})$$

Keterangan :

Q = Kebutuhan udara selinder (l/min)

q = kebutuhan udara persentimeter langkah piston

s = Panjang langkah piston (cm)

n = Jumlah siklus kerja permenit

2.7.3. Kecepatan Piston Pneumatik

Kecepatan piston rata-rata dari silinder standar berkisar antara 0,1-1,5 m/s (6 – 90 m/min). Silinder khusus dapat mencapai kecepatan 10 m/s. Kecepatan silinder pneumatik tergantung :

- beban (gaya yang melawan silinder),
- tekanan kerja,
- diameter dalam dan panjang saluran antara silinder dan katup control arah,
- ukuran katup control arah yang digunakan.

Dapat dihitung dengan persamaan 2.15 dibawah ini:

$$\text{Beban} = \frac{\text{gaya.press.tool}}{\text{gaya.pneumatik}} \times 100\%$$

Kecepatan piston dapat diatur dengan *katup pengontrol aliran* dan dapat ditingkatkan dengan *katup pembuang cepat* yang dipasang pada sistem kontrol

tersebut. Kecepatan rata-rata piston tergantung dari gaya luar yang melawan piston (beban) dan ukuran lubang aliran dapat dilihat seperti pada tabel berikut :

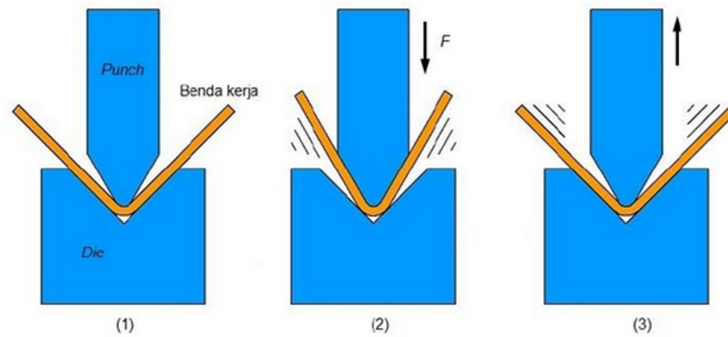
Tabel 2.7.3. Kecepatan rata-rata piston dari gaya luar dan ukuran lubang aliran

Diameter	Lubang	Beban dalam %				
Piston	Masuk	0	20	40	60	80
mm	mm	Kecepatan Piston dalam mm/detik				
25	4	580	530	450	380	300
35	7	980	885	785	690	600
50	7	480	440	400	360	320
70	7	230	215	200	180	150
70	9	530	470	425	380	310
100	7	120	110	90	80	60
100	9	260	230	205	180	130
140	9	130	120	110	90	70
140	12	300	260	230	200	170
200	9	65	60	55	50	40
200	12	145	130	120	105	85
200	19	330	300	280	250	215
250	19	240	220	185	165	115

2.7.4. Defenisi Springback

Spring back merupakan gaya balik yang ditimbulkan akibat pengaruh elastisitas bahan pelat yang mengalami proses pembentukan. Besarnya gaya balik ini ditentukan oleh harga Modulus Elastisitas bahan. Dalam proses pembengkokan ini harus diperhatikan gaya balik atau spring back ini. Biasanya akibat springback terjadi penyimpangan terhadap sudut pembengkokan yang dibentuk. Seorang pekerja harus dapat memperhitungkan besarnya spring back ini. Contoh sederhana dapat diperlihatkan pada saat proses pembengkokan apabila diinginkan untuk pembentukan bending dengan sudut 90° maka besarnya sudut

tekan pada sepatu pembengkok harus diperkecil dari 90° ($<90^\circ$). Sehingga padasaat dilepas sepatu pembengkok akan menghasilkan sudut pembentukan menjadi sama dengan 90° . Proses spring back pada pembentukan dengan bending. Besarnya perubahan dimensi pada hasil pembentukan setelah tekanan pembentukan ditiadakan merupakan sifat bahan logam yang mempunyai elastisitas tersendiri. Perubahan ini terjadi akibat dari perubahan regangan yang dihasilkan oleh pemilihan elastik. Jika beban dihilangkan regangan total akan berkurang disebabkan oleh terjadinya pemulihan elastik. Pemulihan elastik berarti pula balikan pegas, akan mungkin besar jika tegangan luluh semakin tinggi, atau modulu selastik lebih rendah dan regangan plastiknya makin besar.



Gambar 2.19. Proses Terjadinya Springback

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Tempat pelaksanaan penelitian ini, bertempat dibengkel mekanik, lab mekanik dan bengkel las Politeknik Negeri Ujung Pandang.

3.2. Alat Dan Bahan Yang Digunakan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

- | | |
|----------------------------------|--|
| 1. St.42 tebal 10 mm dan 20 mm | 10. Adaptor 24 V |
| 2. Besi Pejal St 42 | 11. Perlengkapan elektronik (kabel listrik saklar dll) |
| 3. Silinder pneumatik | 12. Besi siku |
| 4. Selang udara | 13. <i>Limit switch</i> 2 buah |
| 5. Tombol sebanyak 4 buah | 14. <i>Solenoid valve</i> 5/2 |
| 6. Dongkrak Hidrolik | 15. Kompresor . |
| 7. Pegas tarik | 16. Besi |
| 8. Baut dan mur M10, M12 dan M14 | |
| 9. Mikrokontroller | |

Sedangkan peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Mesin Bubut
2. Mesin Gergaji potong
3. Kacamata Pelindung
4. Mesin Bor
5. Penitik

6. Mesin Frais

7. Penggores

8. Ragum

9. Sney

10. Mesin Gergaji

11. Elektroda

12. Gerinda Tangan

13. Mesin Las

14. Mistar Siku

15. Tap

16. Gerinda Pematong

17. APD

18. Palu

19. Kunci Pas

20. Kertas Gosok

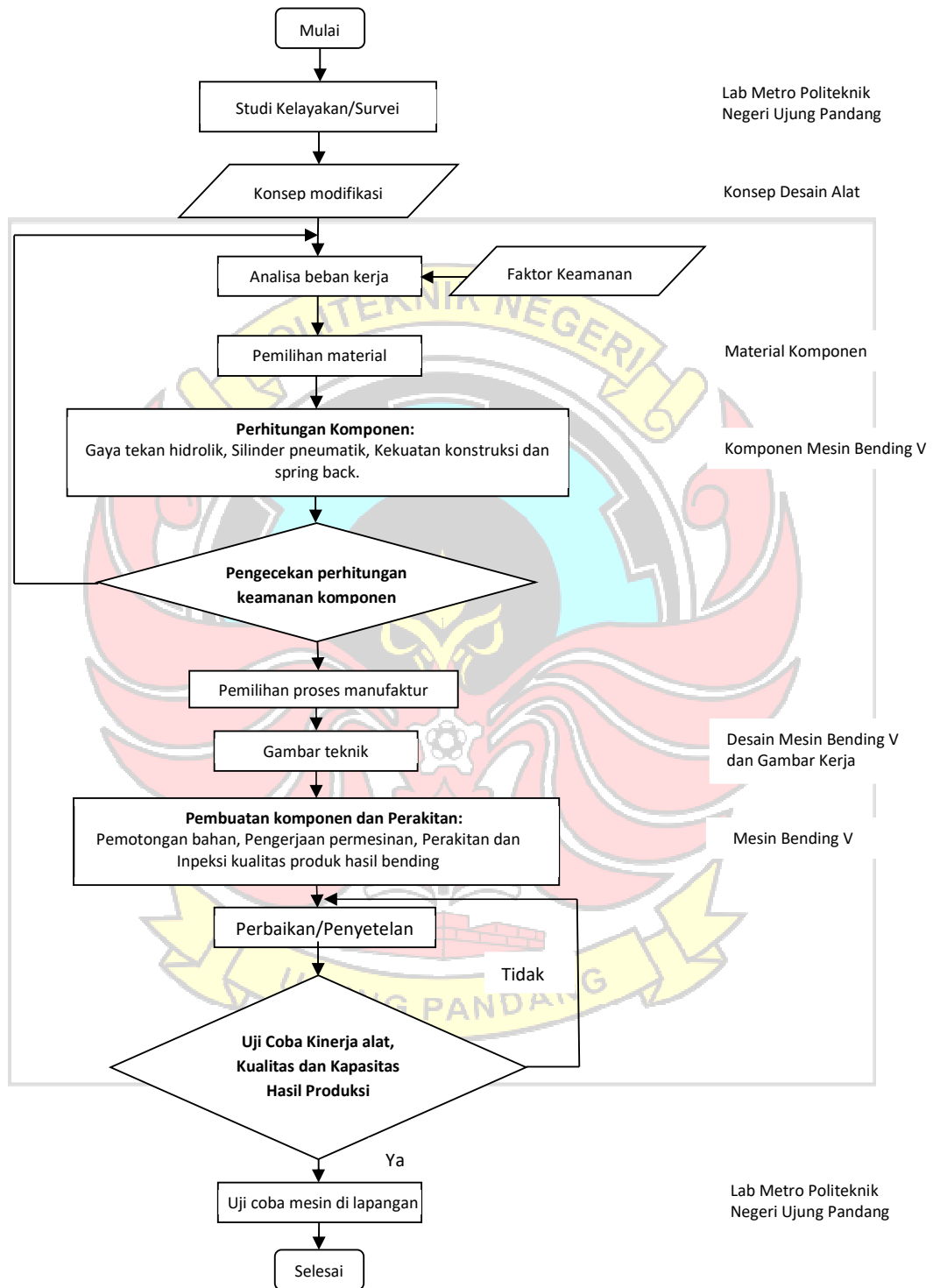
21. Tang

22. Alat Ukur (Jangka Sorong, Mikrometer, Mistar baja)

23. Mata Bor



3.3 Bagan Aliran Perancangan dan Pembuatan Tugas Akhir



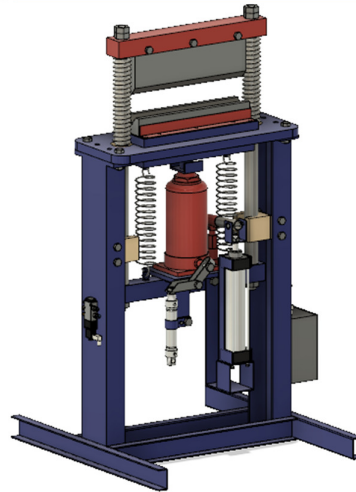
Gambar 3.1. Diagram alir pelaksanaan penelitian alat bending

3.3.1 Tahap Modifikasi

Ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam konsep modifikasi ini yaitu :

- Pembuatan sketsa atau gambar alat *bending* yang akan dimodifikasi, dimana pembuatan sketsa atau gambar dilakukan dengan cara menggambar dikomputer menggunakan *software Autodesk fusion*.

- Menghitung kelayakan komponen alat yang dimodifikasi dan melakukan uji kelayakan alat melalui perhitungan komponen yang akan digunakan.
- perhitungan komponen yang akan digunakan baik yang dibuat maupun dibeli.



Gambar 3.2 Konstruksi Alat Bending

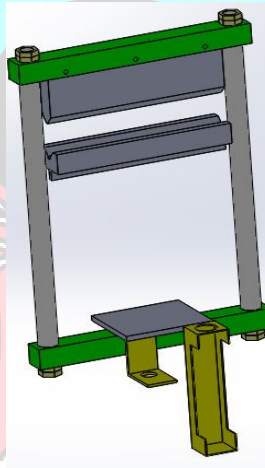
Adapun yang kami modifikasi yaitu penggantian pada top serta bottom plate yang lebih besar agar sistem penekan berfungsi dengan baik, serta penggantian pada pegas sehingga sesuai dengan beban yang diterima pegas.

3.3.1.1 Pemilihan Komponen Utama Alat Bending Pelat

Setelah menentukan bentuk rancangan konstruksi Alat Bending plat tersebut maka kemudian menentukan konsep tiap komponen utama alat bending plat guna mendapatkan hasil tekukan yang maksimal dan baik. Dalam perancangan ini menggunakan 3 sub perakitan yaitu :

a) Perancangan Press Tool.

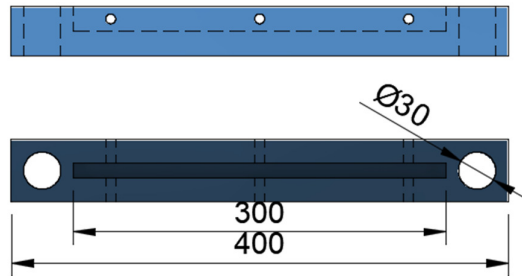
Sesuai dengan perancangan yang telah ditentukan bahwa perancangan Press Tool ini menggunakan beberapa komponen dengan bahan dasar material adalah Besi Baja St 37 dan *Stainless Steel*.



Gambar 3.3. Konstruksi Punch dan Die

- **Perancangan Top Plate**

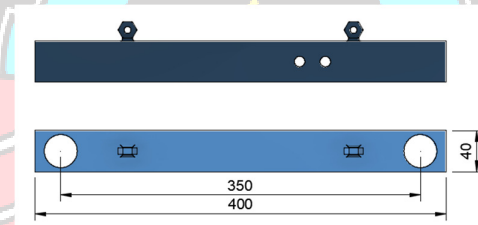
Pelat atas (*top plate*) terbuat dari baja karbon sedang. Pembuatan komponen ini terlebih dahulu difrais tiap sisinya menggunakan mesin frais sehingga sesuai dengan ukuran yang diinginkan. Pelat Top Plate ini berfungsi untuk menopang Punch.



Gambar 3.4 Perancang Top Plate

- **Perancangan Bottom Plate**

Pelat bawah terbuat dari baja karbon sedang. Dalam proses pembuatannya bahan dipotong menghampiri ukuran lalu difrais sehingga mendapatkan ukuran yang sesuai pada gambar kerja.



Gambar 3.5 Konsep Bottom Plate

- **Pegas**

Pegas merupakan suatu komponen yang berfungsi untuk mengembalikan *punch* pada posisi awal saat proses pembendungan pelat. Pegas ini di peroleh di toko penjualan suku cadang permesinan



Gambar 3.6 Pegas

3.3.2 Tahap Pembuatan

Setelah dilakukan proses perancangan, maka proses berikutnya adalah proses pembuatan. Dalam pembuatan alat *bending* pelat dengan sistem Hidro Pneumatik, perlu memperhatikan urutan–urutan atau prosedur baik dari perancangan yang akan dibuat. Pembuatan dilakukan sesuai dengan kelompok pengerjaan dari masing–masing komponen, sehingga pada saat proses perakitanya lebih mudah. Prosedur pembuatan alat bending pelat meliputi beberapa komponen yaitu :

- a. Pembuatan komponen alat *bending* pelat




Tabel 3.1 Proses Pembuatan komponen Alat Bending Pelat dengan Sistem Hidrolik

No	Nama komponen	Alat dan Bahan	Proses Pembuatan
1	Pelat atas (<i>top plate</i>) 	a) Alat : - Mesin frais - Mesin bor - Mata bor - Penggores - Mistar Ukur b) Bahan : - Baja St.4250x50 mm Panjang 400 mm	Pelat atas (<i>top plate</i>) terbuat dari baja St.37 dengan ketebalan 40 mm. Pembuatan komponen ini terlebih dahulu dengan melakukan proses Frais pada bahan sesuai dengan gambar kerja, kemudian dilakukan proses drilling untuk membuat lubang pilar.
2	Pelat bawah (<i>bottom plate</i>) 	a) Alat : - Mesin frais - Mesin bor - Penggores - Mistar Ukur b) Bahan : - Baja St.4250x50	Pelat bawah (<i>bottom plate</i>) terbuat dari baja St.37 dengan ketebalan 40 mm. Pembuatan komponen ini terlebih dahulu dengan melakukan proses Frais pada bahan sesuai dengan gambar kerja, kemudian dilakukan proses drilling


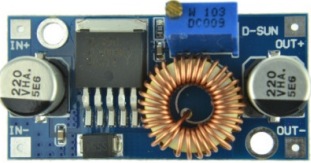
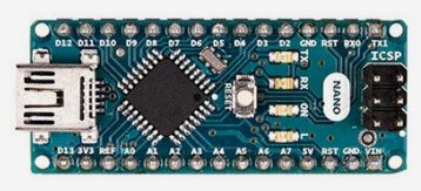
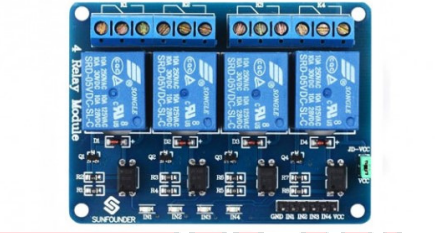


		mm Panjang 400 mm	untuk membuat lubang pilar.
--	--	-------------------	-----------------------------

Dalam pembuatan alat *bending* pelat terdapat beberapa komponen standar yang tidak dibuat akan tetapi dibeli dipasaran. Semua komponen standar yang terdapat dalam pembuatan alat *bending* pelat ini ditunjukkan pada tabel berikut ini:

Tabel 3.2. Komponen-komponen Standar Mesin

No	Gambar	Nama Komponen
1		Pneumatik
2		Kompresor
3		Solenoid valve

4		Selang Udara
5		Kabel Listrik
6		Adaptor power supply 24V
7		Mur dan Baut
8		Saklar On/Off
9		Pegas Tarik

10		Dongkra Hidrolik
11		Regulator step down
12		Mikrokontroler Arduino nano
12		Modul relay
13		Tombol
14		Limit switch

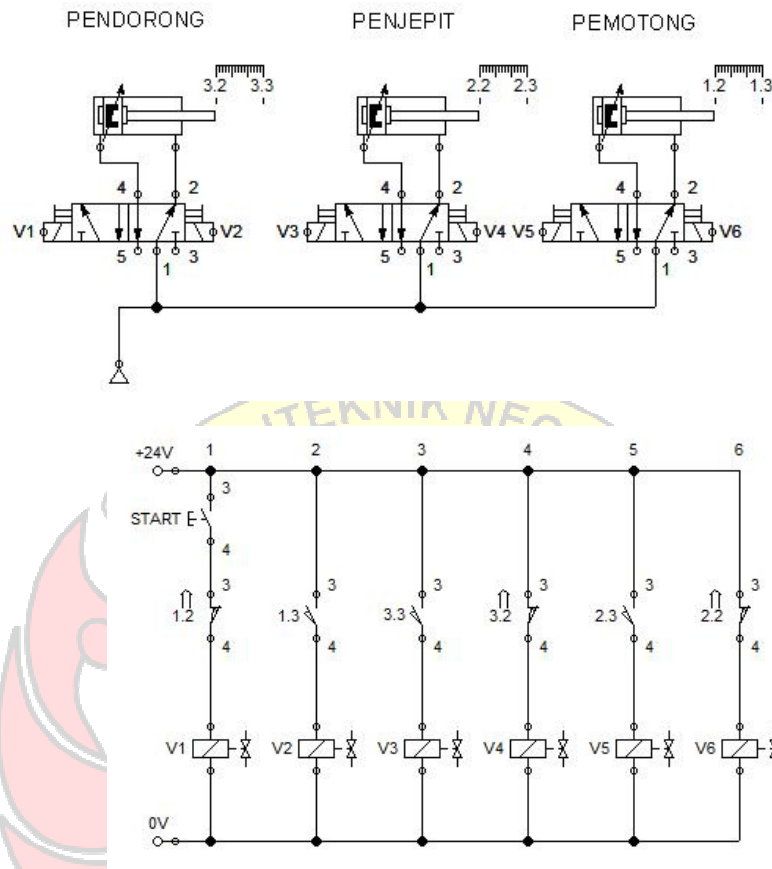
b. Perancangan rangkaian sistem kontrol pneumatik

Percangan rangkaian sistem kontrol pneumatik menggunakan beberapa komponen yang telah standar atau dijual dipasaran, oleh karena itu dalam proses pembuatannya perlu me-desain rangkaian instalasi listrik dan langkah kerja pneumatik menggunakan komponen-komponen tersebut terlebih dahulu.

Komponen yang dibutuhkan yaitu :

- Silinder Pneumatik dan selang pneumatik
- Limit switch
- Modul relay
- Selenoid valve 5/2 dan selenoid 3/2
- Tombol
- Adaptor power supply 24V
- Regulator step down
- Mikrokontroller arduino nano
- Saklar ON/OFF
- Kabel listrik

Berikut gambar rangkaian kontrol pneumatik dan listrik pada automatic press tool.



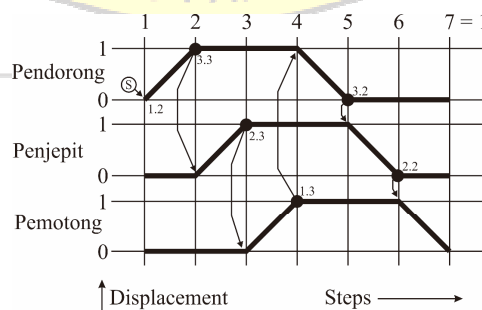
Gambar 3.7 rangkaian sistem kontrol pneumatik

Pada gambar diatas setiap perubahan posisi daripada silinder Pemompa dan silinder Pembuka ditunjukkan pada diagram langkah kerja. Dilihat dari diagram langkah kerja, maka langkah kerja masing-masing silinder bisa dibaca sebagai berikut:

- Dari step 1 silinder Pemompa akan bergerak dari posisi mundur keposisi maju melalui sinyal 1 yang diberikan tombol Start (S) hingga mencapai posisi terluar pada step 2.

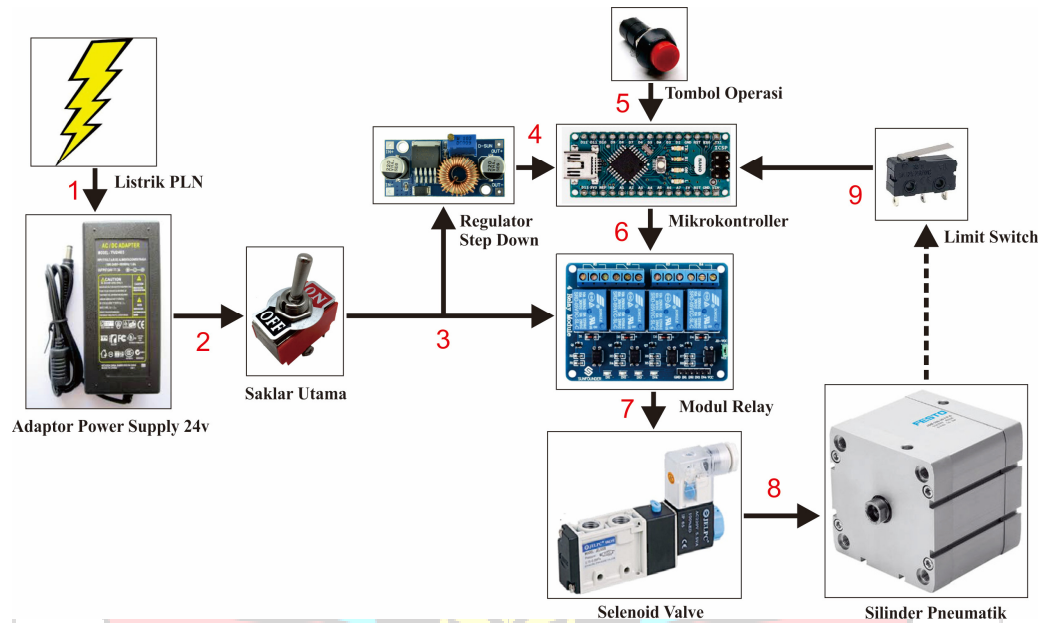
- Pada step ke 2 silinder Pembuka akan mengaktifkan sinyal sensor 3.3. Sinyal tersebut mengaktifkan Silinder Penjepit dari posisi mundur keposisi maju hingga mencapai posisi terluar pada step 3.
- Pada step ke 3 silinder Penjepit akan mengaktifkan sinyal sensor 2.3 yang kemudian mengaktifkan silinder Pemotong dari posisi mundur ke posisi maju sampai ke step 4.
- Setelah step ke 4 silinder Pemotong akan mengaktifkan sinyal sensor 1.3. Kemudian silinder Pendorong akan bergerak keposisi mundur hingga ke step 5.
- Pada step ke 5 silinder Pendorong akan mengaktifkan sinyal sensor 3.2. Sinyal sensor 3.2 akan mengaktifkan silinder Penjepit untuk bergerak mundur hingga ke step 6 yang kemudian mengaktifkan sinyal sensor 2.2.
- Sinyal sensor 2.2 akan mengaktifkan silinder Pemotong untuk bergerak mundur hingga ke step ke 7.
- Pada step 7 semua silinder telah kembali keposisi mundur. Kemudian langkah selanjutnya kembali ke step 1.

Dibawah ini akan ditunjukkan diagram langkah kerja pada alat.



Gambar 3.8 langkah kerja alat

Berikut adalah prinsip kerja sistem elektronik alat pada automatic press tool.



Gambar 3.9 aliran listrik pada automatic press tool

1. Listrik dari PLN sebesar AC 220V 50-60Hz akan masuk ke Adaptor Power Supply
2. Tegangan AC 220V akan dirubah menjadi tegangan DC 24V oleh Adaptor Power Supply. Tegangan kemudian diteruskan ke Saklar sebagai Saklar Utama atau Power Saklar.
3. Dari Saklar tegangan akan diparalel. Satu cabang akan diteruskan ke Regulator Step Down sementara yang lainnya akan masuk ke Relay.
4. Regulator Step Down akan menurunkan tegangan dari 24V ke 9V sebagai Input tegangan kerja Mikrokontroller. Serta berfungsi membuat tegangan keluaran dari regulator menjadi stabil.
5. Tombol akan memberi sinyal input ke Mikrokontroller.

6. Semuan sinyal Input dari Tombol dan Limit Switch akan diproses oleh Mikrokontroler. Selanjutnya sinyal yang telah diproses akan menjadi sinyal output untuk masuk ke Realy Module.
7. Setelah mendapat sinyal dari Mikrokontroler, Relay akan meneruskan tegangan 24V dari Saklar Utama ke Selenoid Valve.
8. Selenoid akan aktif setelah mendapat tegangan 24V dari Relay. Selenoid Kemudian meneruskan udara bertekanan dari Kompresor ke Pneumatik.
9. Pneumatik bergerak akibat adanya udara yang masuk di salah satu katup. Pergerakan Pneumatik akan ditandai oleh Limit Switch. Ketika Pneumatik bergerak ke posisi terluar, ujung pneumatik akan menyentuh Limit Switch begitupun ketika bergerak ke posisi terdalam. Limit Switch yang tertekan akan mengeluarkan sinyal input ke Mikrokontroler.

3.3.3 Tahap Perakitan

Tahap selanjutnya yang harus dilakukan setelah tahap pembuatan adalah tahap perakitan. Proses perakitan merupakan proses merangkai atau menggabungkan tiap komponen menjadi bentuk yang saling mendukung sehingga terbentuk suatu alat yang sesuai dengan yang direncanakan.

Adapun langkah–langkah dalam proses perakitan adalah sebagai berikut :

a. Perakitan Rangka



1. Siapkan komponen-komponen rangka yang akan dirakit dengan lengkap.
2. Memasang *bushing* pada meja dengan menggunakan mesin press .
3. Memasang kaki 50 cm dan kaki 60 cm dengan tiang utama menggunakan baut dan mur agar kokoh saat digunakan.
4. Memasang memasang meja pada tiang utama menggunakan baut dan mur.
5. Memasang dudukan die dan dudukan dongkrak pada meja dengan menggunakan baut dan mur.
6. Memasang *bearing* pengarah menggunakan baut dan mur.

b. Pemasangan *press tool*



1. Siapkan komponen-komponen *press tool* yang akan dirakit dengan lengkap.
2. Memasang pilar/poros melalui *bushing* dan *bearing*.
3. Memasang *button plat* pada bagian bawah pilar dan kencangkan menggunakan mur.
4. Masukkan pegas tekan kedalam pilar bagian atas dan pasang *top plate* lalu kencangkan menggunakan mur.
5. Memasang *punch* pada *top plate* kencangkan dengan baut dengan baut dan mur.
6. Memasang *die* pada dudukan *die* .
7. Memasang pengait pegas pada dudukan pegas dan *button platen* dengan di las

8. memasang pilar pembantu pada dudukan dongkrak.
9. Memasang pegas tarik pada pengait yang telah terpasang.
10. Memasang dudukan dongkrak pada *button plate* dengan las dan memasang dongkrak pada dudukannya.

c. Pemasangan sistem penggerak dan otomasi

1. Sediakan komponen-komponen secara lengkap
2. Memasang silinder *pneumatik* ganda dan *pneumatik* tunggal pada dudukan dongkrak
3. Memasang rangkain selang dan selenoid pada rangka
4. Mamasang rangakian elektrik pada rangka dan menghubungkan dengan sistem penumatik .

3.4 Prosedur Pengujian Alat

Adapun prosedur pengujian yang dilakukan dalam pengambilan data adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan sample bahan uji (Pelat Ketebalan 2 mm, 3 mm, 4 mm).



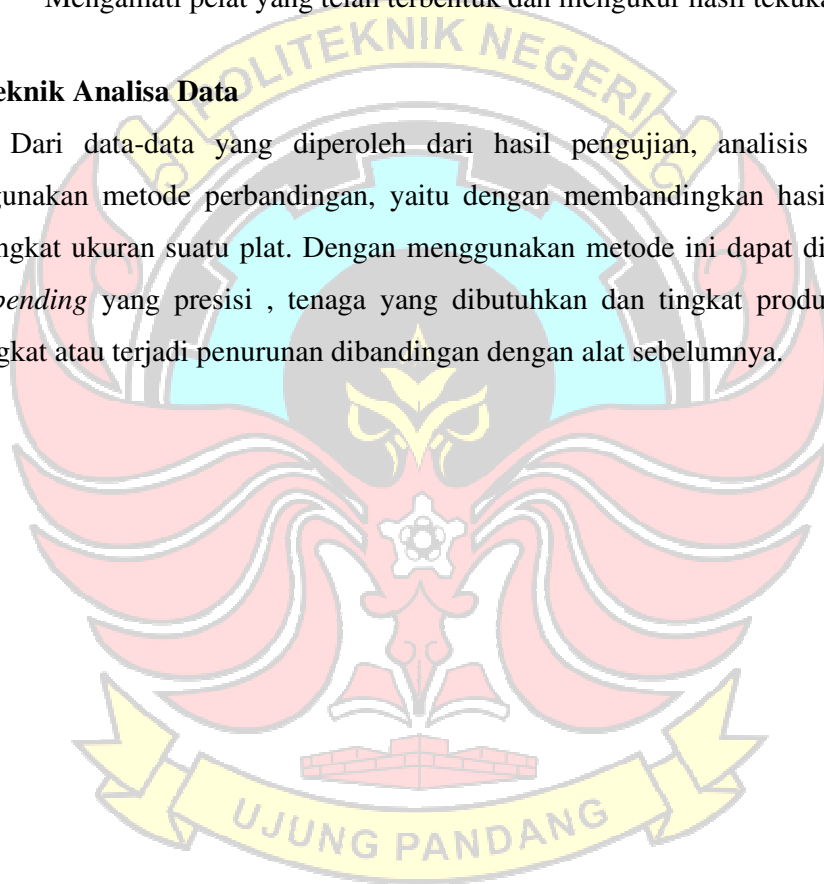
Gambar 3.10 Benda Uji

2. Menyiapkan alat ukur seperti mistar, meter, dan *bevel protector*.
3. Memberikan tanda garis tekuk pada pelat untuk dibending.

4. Menyalakan Kompresor sehingga pneumatic menggerakkan tuas dongkrak hidrolik sampai *punch* membengkokkan pelat yang berada pada *die*.
5. Mengurangi tekanan pada dongkrak hidrolik sehingga *punch* naik keatas (kembali ke posisi awal).
6. Mengamati pelat yang telah terbentuk dan mengukur hasil tekukan..

3.5 Teknik Analisa Data

Dari data-data yang diperoleh dari hasil pengujian, analisis dengan menggunakan metode perbandingan, yaitu dengan membandingkan hasil tekuk dari tingkat ukuran suatu plat. Dengan menggunakan metode ini dapat diketahui hasil *bending* yang presisi , tenaga yang dibutuhkan dan tingkat produktivitas meningkat atau terjadi penurunan dibandingkan dengan alat sebelumnya.



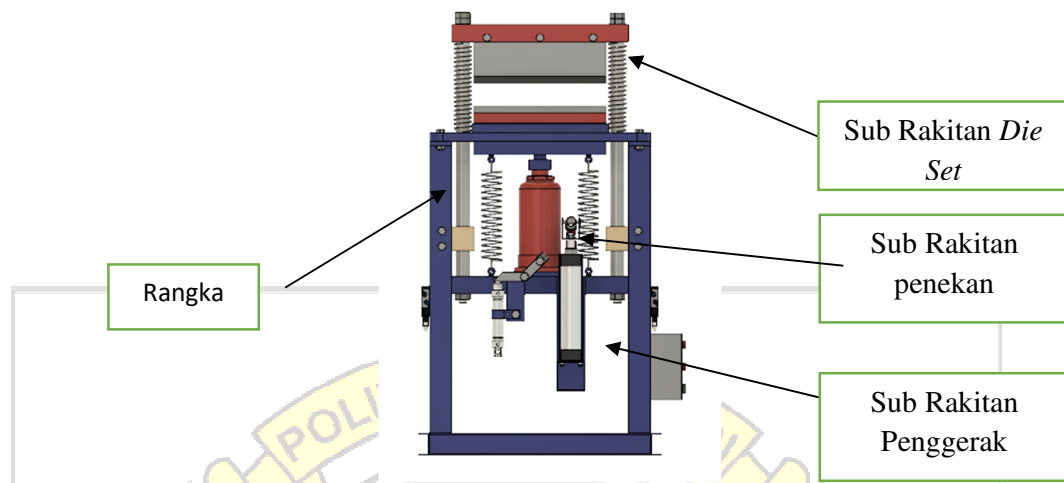
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perancangan dan Pembuatan

Pembuatan Alat *Bending* pelat dengan Sistem Hidrolik Pneumatik dibuat sebanyak satu unit. Alat ini terdiri dari tiga sub rakitan yakni sub rakitan rangka, sub rakitan penggerak dan sub komponen *press tool*.

Sub rakitan rangka terdiri dari delapan Besi UNP profil U C100 × 11 yang dirakit menggunakan sambungan baut agar mudah dibongkar pasang. Sub rakitan penggerak terdiri dari alat hidrolik dengan sistem dongkrak dan pegas tarik dimana berfungsi untuk menggerakkan *punch* menekan dan mengembalikan *punch* ke posisi semula. Sedangkan Sub rakitan *die set* terdiri dari komponen *punch, top plate, dies, bearing* dan pegas tekan. Rancangan pemasangan *Punch* ke *top plate* juga menggunakan sambungan baut tujuannya agar *punch* dapat dengan mudah diganti-ganti sesuai yang diinginkan. *Punch* sendiri dirancang dengan dua model penekukan yakni hasil *bending* V. Hasil perancangan dan pembuatan alat *bending portable* dengan sistem dongkrak hidrolik dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4.1 Hasil Perancangan

Spesifikasi Alat *Bending Portable* dengan Sistem Hidrolik Pneumatik tersebut sebagai berikut:

Tabel 4.1 Spesifikasi Komponen Utama Alat Sebelum Pengembangan

Spesifikasi Komponen Utama Alat	
Kapasitas Alat <i>Press</i>	: 20 Ton
Ukuran rangka	: Tinggi 960 mm dan Lebar 600 mm
Kapasitas Landasan dasar	: Tinggi 300 mm dan lebar 550 mm
Penekan	: Sistem dongkrak Hidrolik
Penggerak	: Sistem pneumatik
Panjang langkah hidrolik	: 150 mm
Ukuran <i>Die Set</i>	: Tinggi 257 mm panjang 450 mm
Garis <i>Bending</i>	: 300 mm
<i>Punch</i>	: Berbentuk V sudut 85 ⁰
<i>Dies</i>	: Berbentuk V sudut 85 ⁰



Gambar 4.2 Hasil pembuatan

Adapun spesifikasi komponen setelah dimodifikasi adalah sebagai berikut:

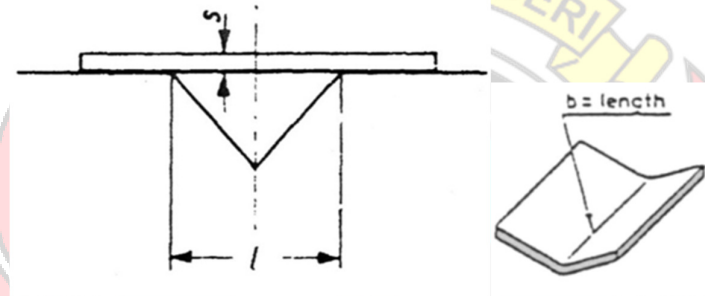
Spesifikasi Komponen Utama Setelah Pengembangan

Kapasitas Alat <i>Press</i>	: 20 Ton
Ukuran rangka	: Tinggi 960 mm dan Lebar 600 mm
Kapasitas Landasan dasar	: Tinggi 300 mm dan lebar 550 mm
Penekan	: Sistem dongkrak Hidrolik 20 ton
Penggerak	: Sistem pneumatic 80x150mm
Panjang langkah hidrolik	: 150 mm
Ukuran <i>Die Set</i>	: Tinggi 257 mm panjang 450 mm
<i>Garis Bending</i>	: 300 mm
<i>Punch</i>	: Berbentuk V sudut 85 ⁰
<i>Dies</i>	: Berbentuk V sudut 85 ⁰
Top Plate dan Bottom Plate, Lebar	: 50mm
Pegas diameter kawat	: 8mm, diameter luar: 45mm

4.2 Hasil Perhitungan Rancang Bangun

4.2.1 Perhitungan Gaya Pada Pelat yang Dibengkokkan

Untuk bending V, pelat yang akan ditekuk adalah pelat dengan ketebalan 2, 3 dan 4 mm dengan panjang masing-masing 300 mm dan lebar 60mm. Pelat yang dibengkokkan dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut (Suyuti, 2007):



Gambar 4.3 Parameter Pelat yang akan Dibengkokkan

$$F = \frac{2 \cdot b \cdot s^2 \cdot \sigma_b}{3 \cdot l} = \frac{0,7 \cdot b \cdot s^2 \cdot \sigma_b}{l} \text{ (N)}$$

Dimana :

Bahan uji = St 42

I = 60 mm

s = 2 mm

b = 300 mm

jadi, untuk menghitung gaya pada pelat yang dibengkokkan yaitu:

➤ Bahan uji = St 42

I = 60 mm

s = 2 mm

b = 300 mm

➤ $\sigma_b = 0,8 \cdot \sigma_t$

$\sigma_t = \text{St.42} = 420 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma_b = 0,8 \times 420$$

$$= 336 \text{ N/mm}^2$$

$$F = \frac{0,7 \times 300 \text{ mm} \times 2^2 \text{ mm}^2 \times 336 \text{ N/mm}^2}{60 \text{ mm}}$$
$$= \frac{282.240}{60}$$

$$F = 4.704 \text{ N}$$

➤ Bahan uji = St42 I = 60 mm

s = 3 mm b = 300 mm

➤ $\sigma_b = 0,8 \cdot \sigma$

$$\sigma = \text{St.42} = 420 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_b = 0,8 \times 420$$

$$= 336 \text{ N/mm}^2$$

$$F = \frac{0,7 \times 300 \text{ mm} \times 3^2 \text{ mm}^2 \times 336 \text{ N/mm}^2}{60 \text{ mm}}$$
$$= \frac{635.040}{60}$$

$$F = 10.584 \text{ N}$$

➤ Bahan uji = St 42 I = 60 mm

s = 4 mm b = 300 mm

➤ $\sigma_b = 0,8 \cdot \sigma$

$$\sigma = \text{St.42} = 420 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_b = 0,8 \times 420$$

$$= 336 \text{ N/mm}^2$$

$$F = \frac{0,7 \times 300 \text{ mm} \times 4^2 \text{ mm}^2 \times 336 \text{ N/mm}^2}{60 \text{ mm}}$$

$$= \frac{1.128.960}{60}$$

$$F = 18.816 \text{ N}$$

Dari Hasil perhitungan diatas besar gaya tekuk untuk menekuk pelat baja karbon ketebalan 2 mm sebesar 4.704N, untuk ketebalan 3 mm sebesar 10.584N dan ketebalan 4 sebesar 18.816 N atau sama dengan 1,881 Ton.

4.2.2 Perhitungan Beban Yang Diterima Pegas

Komponen yang dihitung merupakan komponen *die set* yang menjadi beban pegas, yakni *top plate, punch, button plate, bearing*, pilar, dudukan dongkrak, hidrolik, fluida oli hidrolik dan *ring*. Untuk menentukan massa setiap komponen maka digunakan persamaan (Suyuti,2019):

$$W = V \times \rho$$

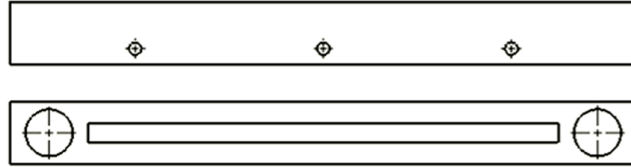
Dimana:

ρ (massa jenis baja karbon setengah keras) = $7860 \text{ Kg/m}^3 = 0.00000786 \text{ Kg/mm}^3$.

a. Perhitungan Massa Komponen

Untuk mengetahui beban total pegas maka ada beberapa komponen yang perlu diketahui massanya sebagai berikut:

1. Top plate



Gambar 4.4 Top plate.

$$V_1 = P \times L \times T$$

$$V_1 = 450 \times 50 \times 50$$

$$V_1 = 1.125.000 \text{ mm}^3$$

$$V_2 = \pi r^2 t$$

$$V_2 = 3.14 \times 10^2 \times 40$$

$$V_2 = (12.560 \text{ mm}^3) \times 2 = 25.120 \text{ mm}^3$$

$$V_3 = P \times L \times T$$

$$V_3 = 300 \times 12 \times 20$$

$$V_3 = 72.000 \text{ mm}^3$$

$$V_4 = \pi r^2 t$$

$$V_4 = 3,14 \times 4^2 \times 40$$

$$V_4 = (2.009,6 \text{ mm}^3) \times 7 = 6.028,8 \text{ mm}^3 \text{ atau } 6.029 \text{ mm}^3$$

$$V_{tot} = V_1 - V_2 - V_3 - V_4$$

$$V_{tot} = 1.125.000 - 25.120 - 72.000 - 6.029$$

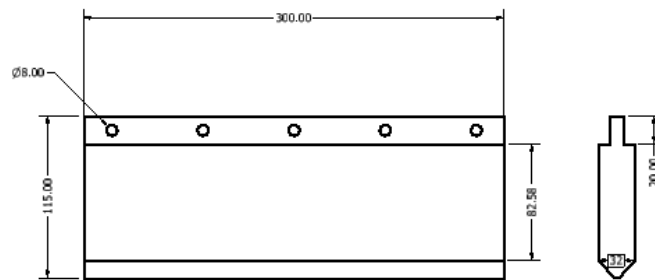
$$V_{tot} = 1.021.851 \text{ mm}^3$$

Maka :

$$W = V \times \rho$$

$$W = 1.021.851 \times 0,00000786 = 8,031 \text{ Kg}$$

2. Punch



Gambar 4.5 Punch V.

$$V_1 = P \times L \times T$$

$$V_1 = 300 \times 12 \times 20$$

$$V_1 = 72.000 \text{ mm}^3$$

$$V_2 = P \times L \times T$$

$$V_2 = 300 \times 82,58 \times 32$$

$$V_2 = 792.768 \text{ mm}^3$$

$$V_3 = \pi r^2 t$$

$$V_3 = 3.14 \times 4^2 \times 12$$

$$V_3 = (602,88 \text{ mm}^3) \times 3 = 1.808,64 \text{ mm}^3$$

$$V_4 = \left(\frac{1}{2} ah\right) t$$

$$V_4 = \left(\frac{1}{2} \times 32 \times 12,42\right) \times 300$$

$$V_4 = 59.616 \text{ mm}^3$$

$$V_{tot} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$$

$$V_{tot} = 72.000 + 792.768 - 1.808,64 + 59.616$$

$$V_{tot} = 922.575,36 \text{ mm}^3$$

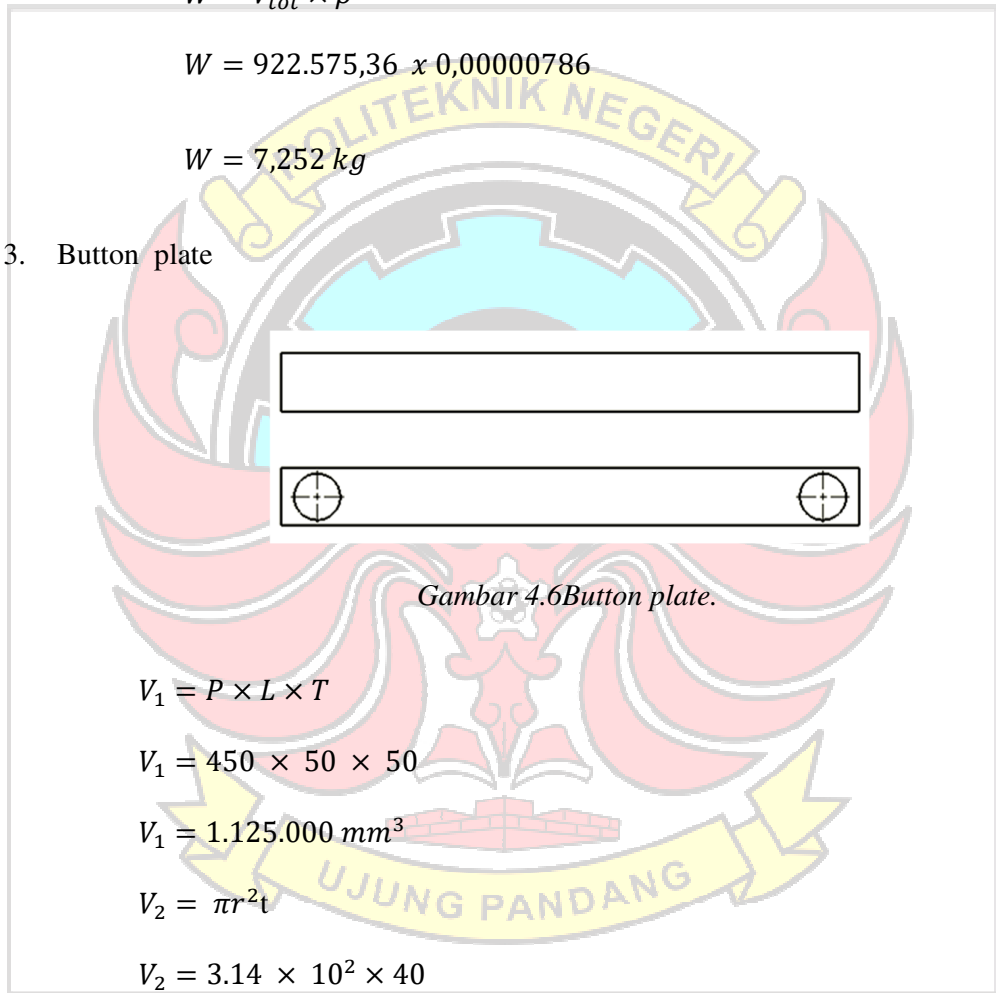
Maka :

$$W = V_{tot} \times \rho$$

$$W = 922.575,36 \times 0,00000786$$

$$W = 7,252 \text{ kg}$$

3. Button plate



Gambar 4.6 Button plate.

$$V_1 = P \times L \times T$$

$$V_1 = 450 \times 50 \times 50$$

$$V_1 = 1.125.000 \text{ mm}^3$$

$$V_2 = \pi r^2 t$$

$$V_2 = 3.14 \times 10^2 \times 40$$

$$V_2 = (12.560 \text{ mm}^3) \times 2 = 25.120 \text{ mm}^3$$

$$V_{tot} = V_1 - V_2$$

$$V_{tot} = 1.125.000 - 25.120$$

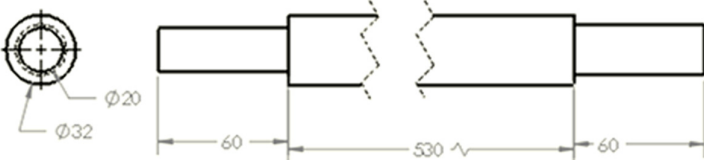
$$V_{tot} = 1.009.880 \text{ mm}^3$$

Maka:

$$W = V \times \rho$$

$$W = 1.099.880 \times 0,00000786 = 8,645 \text{ Kg}$$

4. Pilar



Gambar 4.7pilar

$$V_1 = \pi r^2 t$$
$$V_1 = 3.14 \times 16^2 \times 530$$
$$V_1 = 426.035,2 \text{ mm}^3$$
$$V_2 = \pi r^2 t$$
$$V_2 = 3.14 \times 10^2 \times 90$$
$$V_2 = (28,260 \text{ mm}^3) \times 2$$
$$V_2 = 56.520 \text{ mm}^3$$
$$V_{tot} = V_1 + V_2$$
$$V_{tot} = 426.035,2 + 56.520$$
$$V_{tot} = 402.555,2 \text{ mm}^3$$

Massa jenis *stainless steel* adalah 7480 kg/m^3 atau 0.00000748

kg/mm^3 (sumber : Wikipedia).

Maka:

$$W = V_{tot} \times \rho$$

$$W = 402.555,2 \times 0,00000748$$

$$W = 3,609512896 \text{ Kg} \times 2$$

$$W = 7,219 \text{ Kg}$$

5. Pelat Dudukan Hidrolik

$$V = P \times L \times T$$

$$V = 150 \times 150 \times 10$$

$$V = 225.000 \text{ mm}^3$$

$$W = V \times \rho$$

$$W = 225.000 \times 0,00000786 = 1,769 \text{ Kg}$$

6. Hidrolik

$$V = \pi r^2 t$$

$$V = 3,14 \times 20^2 \times 170$$

$$V = 213.520 \text{ mm}^3$$

$$W = V \times \rho$$

$$W = 213.520 \times 0,00000786$$

$$W = 1,678 \text{ Kg}$$

7. Fluida Oli Hidrolik

$$V = \pi r^2 t$$

$$V = 3,14 \times 37,5^2 \times 160$$

$$V = 706.500 \text{ mm}^3$$

Massa jenis dari oli yaitu 880 Kg/m^3 atau $0,000000088$

Kg/mm^3 , sehingga massa hidrolik dapat dihitung dengan rumus:

$$W = V \times \rho$$

$$W = 706.500 \times 0,000000088$$

$$W = 0,062 \text{ Kg}$$

$$W_{tot} = W_{topplate} + W_{punch} + W_{buttonplate} + W_{Pilar} + W_{Dudukan\ plat} \\ + W_{hidrolik} + W_{olihidrolik}$$

$$W_{tot} = 8,031 + 7,252 + 8,645 + 7,219 + 1,769 + 1,678 + 0,062$$

$$W_{tot} = 34,685 \text{ Kg}$$

Maka besar beban yang diterima pegas tarik dan pegas tekan sebesar 28,228 Kg.

b. Perhitungan Beban Pegas Tarik

1. Kekuatan Pegas Tarik Dalam Menerima Beban

Jumlah lilitan pegas untuk menahan beban adalah 20. Diameter kawat pegas 8 mm dan diameter pegas 40 mm. Untuk menghitung beban pada pegas digunakan persamaan (Dahlan.dkk, 2009:27):

$$W = \frac{\delta.G.d^4}{8.D^3.n}$$

Dimana:

$$C = D / d$$

$$D = 40 \text{ mm}$$

$$d = 8 \text{ mm}$$

Penyelesaian:

$$C = 40 / 8$$

$$C = 5 \text{ mm}^2$$

$$K = \frac{4C - 1}{4C - 4} + \frac{0,615}{C}$$

$$K = \frac{4,5 - 1}{4,5 - 4} + \frac{0,615}{5}$$

$$K = \frac{19}{16} + \frac{0,615}{5}$$

$$K = 1,118 + 0,123$$

$$K = 1,24$$

$$W = \frac{\delta G d^4}{8 D^3 n}$$

$$W = \frac{140 \times 83 \times 10^3 \times 8^4}{8 \times 10^3 \times 42}$$

$$W = \frac{7.262.500.000}{18.944.000}$$

$$W = 383,4 \text{ N}$$

Karena alat *bending* plat menggunakan 2 pegas maka secara teoritis beban yang mampu diterima pegas sebesar 766,8 N atau 76,68 kg.

2. Kekuatan Pegas Tekan Dalam Menerima Beban

Untuk mengetahui kemampuan pegas tekan dalam mengembalikan beban *top plate* dan *punch* setelah melakukan proses penekukan digunakan persamaan sebagai berikut (Suyuti dkk., 2019):

$$W = \frac{\delta \cdot G \cdot d^4}{8 \cdot D^3 \cdot n}$$

Diketahui diameter pegas (D) sebesar 40 mm dan diameter kawat pegas (d) sebesar 4 mm, serta modulus geser (G) = 83×10^3 N/mm.

Maka kekuatan pegas dalam menerima beban adalah:

$$W = \frac{\delta \cdot G \cdot d^4}{8 \cdot D^3 \cdot n}$$

$$W = \frac{(L_o - L_i) \cdot G \cdot d^4}{8 \cdot D^3 \cdot n}$$

$$W = \frac{(110 - 100) \times 83 \times 10^3 \times 4^4}{8 \times 40^3 \times 9}$$

$$W = \frac{212.480.000}{4.608.000}$$

$$W = 46.111 \text{ N}$$

Karena alat *bending* plat menggunakan 2 pegas maka secara teoritis beban yang diterima pegas sebesar 92,222 N .

Jumlah beban yang dapat diterima pegas secara keseluruhan merupakan jumlah beban yang dapat diterima pegas tarik (766,8 N) ditambah dengan beban yang dapat diterima pegas tekan (92,222 N) yaitu 8592,022 atau 85,92 kg.

Jadi secara teori berdasarkan hasil perhitungan total beban terbesar (28,228 Kg) yang diterima pegas, maka pegas tekan dan pegas tarik yang digunakan aman karena beban yang dapat diterima pegas yaitu lebih besar dari pada total beban komponen (W_{tot}).

4.2.3 Perhitungan Beban yang Ditanggung Pegas

Adapun beban yang ditanggung oleh pegas tarik dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$W_{tp} = W_{top\ plate} + W_{punch} + W_{button\ plate} + W_{Pilar} + W_{Dudukan\ plat} + W_{hidrolik} + W_{oli\ hidrolik}$$

$$W_{tp} = 8,031 + 7,252 + 8,645 + 7,219 + 1,769 + 1,678 + 0,062$$

$$W_{tp} = 34,685 \text{ Kg}$$

Maka besar beban yang diterima pegas tarik dan pegas tekan sebesar 34,685 kg.

Dengan diketahuinya beban yang ditanggung oleh pegas yaitu 34,685 kg dan beban yang mampu diterima pegas adalah 76,68 kg, maka dapat disimpulkan bahwa pegas sangat mampu menarik kembali sub sistem penekuk keposisi awal.

4.2.4 Perhitungan Kebutuhan Gaya Bending

Dalam rancang bangun alat *bending* pelat ini harus mengetahui kapasitas maksimum beban yang diberikan kepada pelat yang akan ditekuk. Untuk menghitung kapasitas maksimum terlebih dahulu mengetahui kebutuhan gaya hidrolik yang digunakan. Untuk menghitung kebutuhan gaya hidrolik yang digunakan untuk membending pelat menggunakan persamaan berikut :

$$F_{\text{total}} = F_{\text{bending}} + W_{\text{Pegas}}$$

$$\begin{aligned} F_{\text{total}} &= 18.816 \text{ N} + 766 \text{ N} \\ &= 19.582 \text{ N} \\ &= 1,95 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Jadi, kebutuhan gaya hidrolik yang digunakan adalah 1,95 Ton Adapun kemampuan hidrolik saat ini yakni 20 Ton, maka dongkrak yang digunakan sangat aman kebutuhan gaya bending untuk pelat 4mm.

4.2.5 Perhitungan Baut Pengikat

Baut yang dipakai pada alat bending ini adalah baut dengan kekuatan Tarik 420 N/mm (St.42). Tegangan yang terjadi pada baut pengikat adalah tegangan akibat dorongan hidrolik dimana baut menerima beban geser tarik. Untuk menghitung diameter inti baut digunakan persamaan:

$$\tau_g = \frac{F}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (d^2) \cdot n}$$

Dimana : F = T (Gaya / beban yang diterimabaut)

Pada perhitungan gaya F diasumsikan sebagai gaya geser yang arahnya vertical dengan beban vertical.

➤ St.42 = 420 N/mm² (kekuatantarik)

$$\tau_g = 0,5 \cdot \sigma_t$$

Dimana tegangan tarik izin baut:

$$\bar{\sigma}_t = \frac{\sigma_{tmaks}}{v}$$

$$\bar{\sigma}_t = \frac{420}{5}$$

$$\bar{\sigma}_t = 84 \text{ N/mm}^2$$

Maka, tegangan geser izin baut:

$$\bar{\tau}_g = 0,5 \cdot \sigma_t$$

$$\bar{\tau}_g = 0,5 \cdot 84$$

$$\bar{\tau}_g = 42 \text{ N/mm}^2$$

Menentukan diameter baut (d)

$$\bar{\tau}_g = \frac{F}{A}$$

$$42 = \frac{F}{105,6}$$

$$F = 42 \text{ N/mm}^2 \times 105,6 \text{ mm}^2$$

$$F = 4.435,2 \text{ N}$$

$$\tau_g = \frac{F}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (d^2) \cdot n}$$

$$\tau_g = \frac{4.435,2}{\frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (d1^2) \cdot 4}$$

$$42 \times d1^2 = 14,12$$

$$d1^2 = 33,6$$

$$d1 = \sqrt{33,6}$$

$$d1 = 5,7 \text{ mm} \times 3 \text{ (faktorkeamanan)}$$

$$= 17,1 \text{ mm}$$

Jadi, baut yang digunakan dengan diameter 17,1 mm tidak ada dipasaran sehingga kami menggunakan baut M 20 dengan diameter inti 18,376 mm

4.1.5 Perhitungan Spring Back

Untuk menghitung *spring back* pada saat proses tekuk yang terjadi dapat digunakan persamaan (Suyuti, 2007) :

$$K_s = \frac{\alpha_f}{\alpha_i} = \frac{(2 \cdot R1 / T) + 1}{(2 \cdot Rf / T) + 1}$$

Untuk pelat ketebalan 4 mm dengan radius *die* (Rf) adalah 2,5, dimana $K_s = 0,5$ (lihat lampiran V).

$$K_s = \frac{\alpha_f}{\alpha_i} = \frac{(2 \times 2,5 / 4) + 1}{(2 \cdot Rf / 4) + 1}$$

$$0,5 = \frac{1,25 + 1}{(2 \cdot Rf / 4) + 1}$$

$$0,5 = \frac{2,25}{(2 \cdot Rf / 4) + 1}$$

$$0,5 = \frac{4 \times 2,25}{2 \cdot R_f + 1}$$

$$2 \cdot R_f + 0,5 = 9$$

$$R_f = 9 - 1$$

$$= 8^0$$

4.1.6 Perhitungan Gaya Pneumatik

Untuk menghitung gaya Maju dan Mundur Pneumatik pada tuas Hidrolik maka digunakan persamaan sebagai berikut:

➤ Langkah Maju:

$$F = D^2 \cdot \frac{\pi}{4} p$$

$$F = 80^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 0,8$$

$$= 4.019 \text{ N}$$

➤ Langkah Muundur:

$$F = (D^2 - d^2) \cdot \frac{\pi}{4} p$$

$$F = (80^2 - 40^2) \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 0,8$$

$$= 4.800 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 0,8 = 3.014 \text{ N}$$

4.2 Hasil Pengujian

Proses pengujian alat ini dilakukan setelah pembuatan alat selesai. Adapun lokasi atau tempat pengujian dilakukan di dalam bengkel mekanik Politeknik Negeri Ujung Pandang. Bahan yang digunakan yaitu berbentuk pelat dengan ukuran 300 mm × 60 mm, dalam pengujian alat *bending* ini dilakukan pengujian dengan mengambil sampel dengan bervariasi tiga ketebalan pelat yaitu 2 mm, 3 mm dan 4 mm. Masing-masing plat diuji bentuk dengan jumlah 3 sampel. Adapun proses pengujian dilakukan dengan cara terlebih dahulu mengambil pelat kemudian meletakkannya di atas *die*, kemudian dongkrak hidrolik di pompa naik turun dengan penggerak rangkaian sistem pneumatik sehingga terjadi proses pembendungan. Secara otomatis saat wpembendungan selesai sistem pneumatik akan dengan otomatis mengembalikan dongkrak pada posisi awal. Setelah pengujian pertama selesai, maka pelat yang telah ditebuk diambil kembali kemudian dilakukan pengukuran sudut *bending* dengan menggunakan *bavel proyektor*. Begitu pula dengan hasil *bending* pengujian selanjutnya.

4.3 Data Hasil Pengujian *Bending*

Data hasil pengujian alat *bending* portabel ini dilakukan pengujian dengan ketebalan pelat yang berbeda-beda yaitu pelat 2 mm, 3 mm dan 4 mm. Pengujian dilakukan pada masing-masing ketebalan dengan menggunakan garis *bending* maksimum. Pengujian alat tersebut disaksikan langsung oleh pembimbing proyek tugas akhir. Pengambilan data dilakukan pada saat *punch* turun menyentuh dan membengkok pelat yang di uji. Serta digunakan *stopwatch* untuk melihat berapa banyak waktu yang digunakan saat menekuk pelat tersebut.

Dalam uji coba alat *bending* ini dilakukan *bending* berbentuk V dan radius adapun hasil uji coba bending tersebut dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4.8 Sampel Sebelum di Tekuk



Gambar 4.9 Sampel Setelah di Tekuk



Gambar 4.10 Sampel Setelah di Tekuk

t:2 mm

t:3mm



Gambar 4.11 Sampel Setelah di Tekuk t :4mm

Tabel 4.2 Data Hasil Bending Sampel

No	Sampel	Ukuran	Sudut Bending (a)	Spring Back (°)	Waktu (')
1	T2(1)	300x100x2 mm	92,1	7,1	41'
	T2(2)	300x100x2 mm	90,6	5,6	46'
	T2(3)	300x100x2 mm	91	6	43'
			91,2°	6,2	43,3'
2	T3(1)	300x100x3 mm	90,6	5,6	55'
	T3(2)	300x100x3 mm	91,4	6,4	55'
	T3(3)	300x100x3 mm	90,5	5,5	57'
			90,8	5,5°	55,6'
3	T4(1)	300x100x4 mm	90,3	5,3	65'
	T4(2)	300x100x4 mm	90,1	5,1	67'
	T4(3)	300x100x4 mm	90,7	5,7	64'
			90,3	5,1	65,3'

- Adapun sudut bending yang dihasilkan setelah proses bending pada tebal 2mm dengan jumlah sampel 3 antara 90,6°-92,1° , dan rata-rata sudut bending sebesar 91,2°. Dimana dalam pengujian ini adanya sudut *bending* yang melewati suduti 90° paling besar berada pada sampel 1 dengan sudut 92,1°, yang mana hampir sama dengan alat sebelumnya yaitu 92,5°. Adapun *spring back* yang paling mendekati dengan dengan kualitas bagus adalah sampel nomor 2 dengan *springback* 5,6° dengan jumlah sudut *bending* 90,6°.

dan proses pembendingan waktu yang diperlukan antara 41' -46' dengan rata-rata waktu bending 63,3'.

- Adapun sudut bending yang dihasilkan setelah proses bending pada tebal 3mm dengan jumlah sampel 3 antara $90,5^{\circ}$ - $91,4^{\circ}$, dan rata-rata sudut bending sebesar $90,3^{\circ}$.Dimana dalam pengujian ini adanya sudut *bending*

yang melewati sudut 90° paling besar berada pada sampel 2 dengan sudut $91,4^{\circ}$ sedangkan pada alat sebelumnya 92° . Adapun *spring back* yang paling mendekati dengan dengan kualitas bagus adalah sampel nomor 3 dengan *springback* $5,5^{\circ}$ dengan jumlah sudut *bending* $90,5^{\circ}$, sedangkan pada alat sebelumnya *springback* $4,5^{\circ}$ dengan jumlah sudut $89,5^{\circ}$ sehingga yang paling mendekati target sudut adalah alat bending ini. dan proses pembendingan waktu yang diperlukan antara 55' -57' dengan rata-rata waktu bending 55,6'.

- Adapun sudut bending yang dihasilkan setelah proses bending pada tebal 4mm dengan jumlah sampel 3 antara $90,1^{\circ}$ - $90,7^{\circ}$, dan rata-rata sudut bending sebesar $90,8^{\circ}$.Dimana dalam pengujian ini adanya sudut *bending* yang melewati suduti 90° paling besar berada pada sampel 3 dengan sudut $90,7^{\circ}$. Adapun *spring back* yang paling mendekati dengan dengan kualitas bagus adalah sampel nomor 2 dengan *springback* $5,1^{\circ}$ dengan jumlah sudut *bending* $90,1^{\circ}$. dan proses pembendingan waktu yang diperlukan antara 64' -

67' dengan rata-rata waktu bending 65,3'. Kemudian pada alat sebelumnya tidak dapat melakukan bending dengan tebal 4mm seperti yang disebutkan diatas

4.4 Analisis Biaya Pembuatan

4.4.1 Biaya Bahan Langsung

Adapun jumlah keseluruhan biaya yang dibutuhkan dalam pembuatan alat bending ini dapat dirincikan untuk biaya bahan langsungnya sebagai berikut :

Tabel 4.3 Biaya Bahan Langsung

No	Nama	Jumlah	Harga Satuan	Total
1	Besi as kotak ukuran 5x5x40	2	Rp.80.000	Rp.160.000
2	Dongkrak hidrolik 20 ton	1	Rp.445.000	Rp.445.000
3	Pegas Tarik	2	Rp.250.000	Rp.500.000
4	Silinder pneumatik 80x150	1	Rp600.000	Rp600.000
5	Fitting pneumatik 3/8, 8mm	2	Rp12.000	Rp24.000
6	Fitting pneumatik 1/8, 8mm	3	Rp10.000	Rp30.000
7	Baut dan mur 12mm	8	Rp2.000	Rp16.000
8	Baut dan mur 14mm	6	Rp3.500	Rp21.000
9	Baut dan mur 17mm	4	Rp5.000	Rp20.000
10	Besi UNP 8	1	Rp75.000	Rp75.000
11	Selang pneuamtik 8mm	1	Rp5.500	Rp5.500
12	Cat besi 100cc warna biru	1	Rp15.000	Rp15.000
13	Cat besi 100cc warna perak	1	Rp19.000	Rp19.000
14	Thinner	1	Rp10.000	Rp10.000
15	Besi strip	1	Rp57.000	Rp57.000
16	Poros berulir M17	1	Rp45.000	Rp45.000
17	Bearing PHS 12	1	Rp20.000	Rp20.000
18	Plat baja 1mm ukuran 50x50	1	Rp63.000	Rp50.000
19	Plat baja 2mm ukuran 40x30	1	Rp20.000	Rp85.000
20	Plat baja 3mm ukuran 40x30	1	Rp24.000	Rp145.000
21	Plat baja 4mm ukuran 40x30	1	Rp24.000	Rp210.000
22	Mata bor endmill 4 flute 12mm	1	Rp97.500	Rp97.500
23	Silinder pneumatik ganda 20x50	1	Rp183.500	Rp183.500
Jumlah				Rp2.838.000

4.4.2 Biaya Tenaga Kerja

Biaya tenaga kerja dihitung berdasarkan Upah Minimum Provinsi (UMP) Sulawesi Selatan tahun 2022. UMP Sul-Sel tahun 2022 yaitu sebesar Rp 3.165.876,- dengan estimasi jam kerja perminggu selama 40 jam sehingga upah tenaga kerja diketahui dengan persamaan berikut:

$$\text{Upah tenaga kerja} = \frac{3.165.876}{4 \times 40} = 19.786$$

Berdasarkan hasil perhitungan diketahui upah tenaga adalah Rp 19.786,- per jam. Sedangkan waktu pengerjaan pemotongan, pembentukan, dan pengelasan permesinan ditentukan berdasarkan estimasi pengerjaan waktu tersebut meliputi waktu persiapan, waktu setting, waktu proses dan waktu penyelesaian. Adapun rincian biaya tenaga kerja untuk setiap pengerjaan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.4 Biaya Tenaga Kerja

No.	Jenis Pengerjaan	Waktu Pengerjaan	Upah/Bulan (Rp)	Upah/Jam (Rp)	Upah Pengerjaan (Rp)
1	Pemotongan	1 jam			19.786
2	Las	2 jam			39.572
3	Bor	30 jam	3.165.876	19.786	593,580
4	Frais	48 jam			949.728
5	Gerinda	15 jam			296.790
6	Perakitan	50 jam			989.300
Jumlah (Rp)					2.888.756

4.4.3 Biaya Listrik

Perhitungan biaya pemakaian listrik merupakan salah satu kategori dalam data biaya tidak langsung dalam proses produksi. Adapun perhitungan biaya listrik dari pemakaian beberapa mesin dalam proses produksi adalah sebagai berikut :

A) Tarik listrik mesin pemotong

Daya mesin = 1.5 kW

TDL/jam = Rp. 1.644,52

Lama Pengerjaan = 4 jam

Biaya Listrik = (daya x TDL) x lama pengerjaan

$$= (1.5 \times 1.644,52) \times 4$$

$$= \text{Rp. } 9.867,12$$

B) Tarik listrik mesin las

Daya mesin = 0,9 kW

TDL/jam = Rp. 1.644,52

Lama Pengerjaan = 2 jam

Biaya Listrik = (daya x TDL) x lama pengerjaan

$$= (0,9 \times 1.644,52) \times 2$$

$$= \text{Rp. } 2.960,136$$

C) Tarik listrik mesin bor

Daya mesin = 0,5 kW

$$\text{TDL/jam} = \text{Rp. } 1.644,52$$

Lama Pengerjaan = 30 jam

$$\begin{aligned}\text{Biaya Listrik} &= (\text{daya} \times \text{TDL}) \times \text{lama pengerjaan} \\ &= (0,5 \times 1.644,52) \times 30 \\ &= \text{Rp. } 24.667,8\end{aligned}$$

D) Tarik listrik mesin frais

Daya mesin = 2,2 kW

TDL/jam = Rp. 1.644,52

Lama Pengerjaan = 48 jam

$$\begin{aligned}\text{Biaya Listrik} &= (\text{daya} \times \text{TDL}) \times \text{lama pengerjaan} \\ &= (2,2 \times 1.644,52) \times 48 \\ &= \text{Rp. } 173.661,312\end{aligned}$$

E) Tarik listrik mesin gerinda

Daya mesin = 0,6 kW

TDL/jam = Rp. 1.644,52

Lama Pengerjaan = 15 jam

$$\begin{aligned}\text{Biaya Listrik} &= (\text{daya} \times \text{TDL}) \times \text{lama pengerjaan} \\ &= (0,6 \times 1.644,52) \times 15 \\ &= \text{Rp. } 14.800,68\end{aligned}$$

Berikut adalah rincian biaya listrik dari pemakaian beberapa mesin dalam proses produksi.

Tabel 4.5 Rincian Biaya Listrik Permesinan

No.	Mesin	Daya (kW)	TDL (Rp)	Lama Pengerjaan	Tarif Listrik (Rp)
1	Pemotong	1,5	1.644,52	1 jam	9.867,12
2	Las	0,9	1.644,52	2 jam	2.960,136
3	Bor	0,5	1.644,52	30 jam	24.667,8
4	Frais	2,2	1.644,52	48 jam	173.661,312
5	Gerinda	0,6	1.644,52	15 jam	14.800,68
Jumlah (Rp)					225.957,048

4.4.4 Biaya Penyusutan Mesin

- Biaya penyusutan mesin pemotong

Harga mesin = Rp 14.000.000

Umur mesin = 30 Tahun

Persentase penyusutan = 10 %

Nilai sisa = (harga pokok mesin x persentase penyusutan)

Nilai sisa = 14.000.000 x 10%

Nilai sisa = 1.400.000

Biaya penyusutan pertahun = (harga pokok mesin – nilai sisa) x (1/umur mesin)

Biaya penyusutan pertahun = (14.000.000 – 1.400.000) x (1/30)

Biaya penyusutan pertahun = 12.600.000 x 1/30

Biaya penyusutan pertahun = Rp 420.000/Tahun

Jadi = Rp 420.000/12

Biaya penyusutan perbulan = Rp 35.000/Bulan

Biaya penyusutan mesin pemotong selama proses pengerjaan adalah :

$$= 35.000/30$$

$$= 1.166/24 \times 1$$

$$= \text{Rp } 48,58.-$$

- Biaya penyusutan mesin las

Harga mesin = Rp 1.250.000

Umur mesin = 3 Tahun

Persentase penyusutan = 10 %

Nilai sisa = (harga pokok mesin x persentase penyusutan)

$$\text{Nilai sisa} = 1.250.000 \times 10\%$$

$$\text{Nilai sisa} = 125.000$$

Biaya penyusutan pertahun = (harga pokok mesin – nilai sisa) x (1/umur mesin)

$$\text{Biaya penyusutan pertahun} = (1.250.000 - 125.000) \times (1/3)$$

$$\text{Biaya penyusutan pertahun} = 1.125.000 \times 1/3$$

$$\text{Biaya penyusutan pertahun} = \text{Rp } 375.000/\text{Tahun}$$

$$\text{Jadi} = \text{Rp } 375.000/12$$

$$\text{Biaya penyusutan perbulan} = \text{Rp } 31.250/\text{Bulan}$$

Biaya penyusutan mesin pemotong selama proses pengerjaan adalah :

$$= 31.250/30$$

$$= 1.042/24 \times 2$$

$$= \text{Rp } 86,3.-$$

- Biaya penyusutan mesin bor

Harga mesin = Rp 654.000

Umur mesin = 3 Tahun

Persentase penyusutan = 10 %

Nilai sisa = (harga pokok mesin x persentase penyusutan)

Nilai sisa = $654.000 \times 10\%$

Nilai sisa = 65.400

Biaya penyusutan pertahun = (harga pokok mesin – nilai sisa) x (1/umur mesin)

Biaya penyusutan pertahun = $(654.000 - 65.400) \times (1/3)$

Biaya penyusutan pertahun = $588.600 \times 1/3$

Biaya penyusutan pertahun = Rp 196.200/Tahun

Jadi = Rp 196.200/12

Biaya penyusutan perbulan = Rp 16.350/Bulan

Biaya penyusutan mesin pemotong selama proses pengerjaan adalah :

= $16.350/30$

= $545/24 \times 30$

= Rp 681,25.-

- Biaya penyusutan mesin frais

Harga mesin = Rp 29.600.000

Umur mesin = 10 Tahun

Persentase penyusutan = 10 %

Nilai sisa = (harga pokok mesin x persentase penyusutan)

$$\text{Nilai sisa} = 29.600.000 \times 10\%$$

$$\text{Nilai sisa} = 2.960.000$$

$$\text{Biaya penyusutan pertahun} = (\text{harga pokok mesin} - \text{nilai sisa}) \times (1/\text{umur mesin})$$

$$\text{Biaya penyusutan pertahun} = (29.600.000 - 2.960.000) \times (1/10)$$

$$\text{Biaya penyusutan pertahun} = 26.640.000 \times 1/10$$

$$\text{Biaya penyusutan pertahun} = \text{Rp } 2.664.000/\text{Tahun}$$

$$\text{Jadi} = \text{Rp } 2.664.000/12$$

$$\text{Biaya penyusutan perbulan} = \text{Rp } 222.000/\text{Bulan}$$

Biaya penyusutan mesin pemotong selama proses pengerjaan adalah :

$$= 222.000/30$$

$$= 7.400/24 \times 48$$

$$= \text{Rp } 14.800.-$$

- Biaya penyusutan mesin gerinda

$$\text{Harga mesin} = \text{Rp } 282.000$$

$$\text{Umur mesin} = 2 \text{ Tahun}$$

$$\text{Persentase penyusutan} = 10 \%$$

$$\text{Nilai sisa} = (\text{harga pokok mesin} \times \text{persentase penyusutan})$$

$$\text{Nilai sisa} = 282.000 \times 10\%$$

$$\text{Nilai sisa} = 28.200$$

$$\text{Biaya penyusutan pertahun} = (\text{harga pokok mesin} - \text{nilai sisa}) \times (1/\text{umur mesin})$$

$$\text{Biaya penyusutan pertahun} = (282.000 - 28.200) \times (1/2)$$

Biaya penyusutan pertahun = $253.800 \times 1/2$

Biaya penyusutan pertahun = Rp 126.900/Tahun

Jadi = Rp 126.900/12

Biaya penyusutan perbulan = Rp 10.575/Bulan

Biaya penyusutan mesin pemotong selama proses pengerjaan adalah :

$$= 10.575/30$$

$$= 352,5/24 \times 15$$

$$= \text{Rp } 220,31.-$$

Berikut adalah rincian biaya penyusutan mesin pada proses produksi.

Tabel 4.6 Nilai Sisa

No.	Mesin	Harga mesin	Umur Mesin	Waktu Pengerjaan	Nilai sisa
1	Pemotong	Rp 14.000.000	30	1	Rp 1.400.000
2	Las	Rp 1.250.000	3	2	Rp 125.000
3	Bor	Rp 654.000	3	30	Rp 65.400
4	Frais	Rp 29.600.000	10	48	Rp 2.960.000
5	Gerinda	Rp 282.000	2	15	Rp 28.200

Tabel 4.7 Biaya penyusutan

Mesin	Biaya Penyusutan			
	Pertahun	Perbulan	Perhari	Proses Pengerjaan
Pemotong	Rp 1.350.000	Rp 35.000	Rp 1.160	Rp 48,8
Las	Rp 375.000	Rp 31.250	Rp 1.042	Rp 1.389
Bor	Rp 196.200	Rp 16.350	Rp 545	Rp 454

Frais	Rp 2.664.000	Rp 222.000	Rp 7.400	Rp 2.467
Gerinda	Rp 126.900	Rp 10.575	Rp 352,5	Rp 293,75
Total				Rp 4.652,55

Adapun biaya tidak langsung yang diperoleh berdasarkan data sebelumnya adalah:

Tabel 4.8 *Biaya tidak langsung*

No	Biaya Tidak Langsung	Harga
1	Biaya bahan tidak langsung	Rp 3.531.801
2	Biaya listrik	Rp 225.957,048
3	Biaya penyusutan mesin	Rp 4.652,75
Total		Rp 3.762.410,79

Berdasarkan data diatas biaya yang diperoleh dari pembuatan Alat Bending dengan Sistem Hidro Pneumatik dapat diketahui dengan menjumlahkan biaya tidak langsung, biaya tarif listrik, dan biaya penyusutan mesin yaitu Rp 3.762.410,79.

Adapun biaya untuk pembuatan Alat Bending dengan Sistem Hidro Pneumatik dapat diketahui dari jumlah biaya bahan langsung, biaya tenaga kerja, dan biaya tidak langsung.

Tabel 4.9 *Biaya total pengerjaan*

No	Biaya	Harga
1	Biaya bahan langsung	Rp 2.838.000
2	Biaya tenaga kerja	Rp 2.888.756
3	Biaya tidak langsung	Rp 3.762.410,79
Total		Rp 9.489.166,79

BAB V

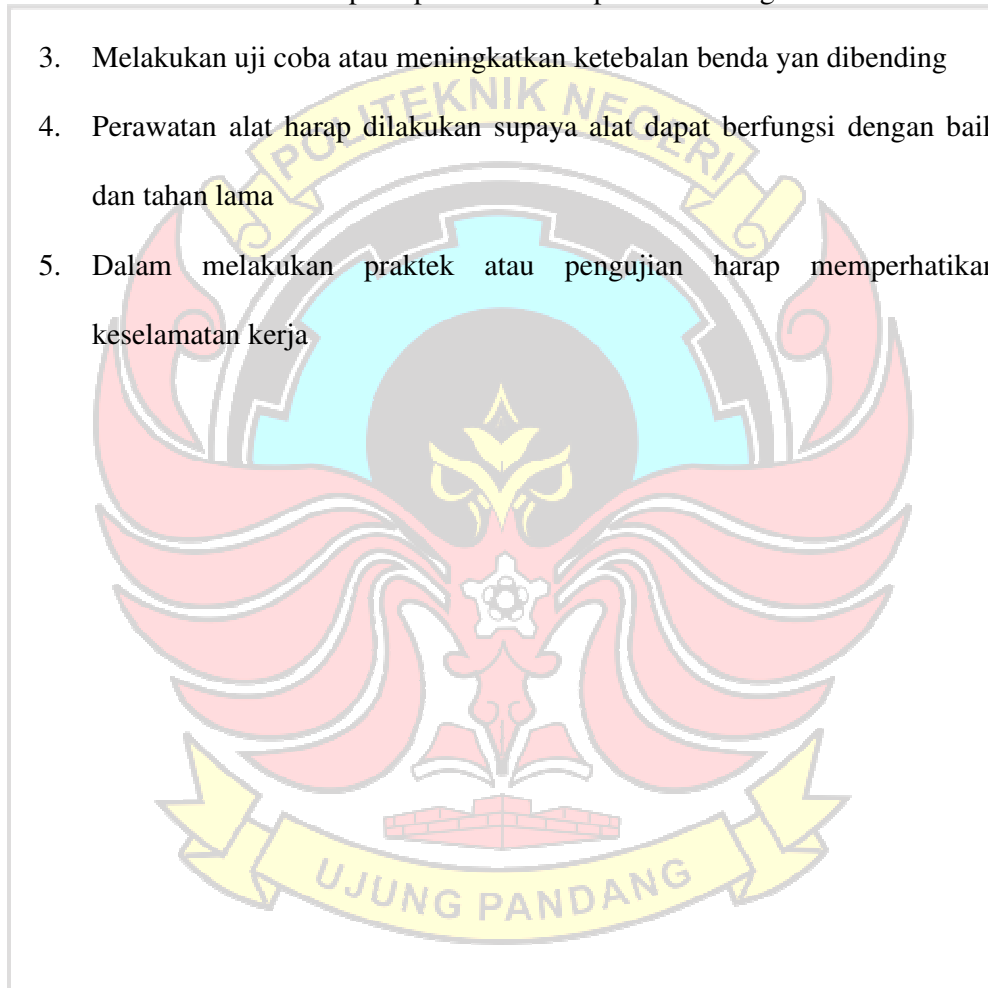
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan pengujian yang dilakukan menggunakan alat bending ini bahwa sistem penggerak bekerja dengan maksimal maupun sistem penekuk berfungsi dengan baik dan maksimal bending pada plat dengan tebal 4mm bisa dibending dengan sudut rata-rata mendekati 90° . Dikatakan bekerja dengan maksimal yaitu setelah proses modifikasi yang mana sistem penggerak mampu melakukan bending seperti yang disebutkan diatas dengan modifikasi pneumatic dengan spesifikasi 80 x 150 mm dimana pada alat sebelumnya menggunakan sistem penggerak pneumatik 40 x 150 mm yang tidak bisa melakukan bending dengan ketebalan dan sudut yang tepat, dan sistem penekuk.
2. Adapun pada alat sebelumnya pada tebal 2 mm rata-rata sudut yang dihasilkan hampir sama, dengan penyimpangan sudut terbesar yaitu $92,5^\circ$ sedangkan pada alat bending ini pada yaitu $92,1^\circ$, sedangkan pada tebal 3 mm alat bending ini yang paling mendekati 90° pada sampel 3 yaitu $90,5^\circ$ sedangkan pada alat sebelumnya yaitu $89,5^\circ$, nilai ini yang paling mendekati target sudut adalah hasil sudut pada alat bending ini, yang mana penyimpangan sudutnya lebih kecil dan juga springback lebih kecil kemudian, pada tebal 4 mm alat ini bisa melakukan bending dengan ketebalan tersebut walaupun waktu bending lebih lama tapi rata-rata sudut yang didapatkan mendekati 90°

5.2 Saran

1. Mengubah atau memperkecil sudut dari die lebih kecil dari 85° agar hasil bending lebih akurat
2. Untuk penelitian selanjutnya dalam proses bending diharapkan agar bisa menambah atau mempercepat waktu saat proses bending
3. Melakukan uji coba atau meningkatkan ketebalan benda yang dibending
4. Perawatan alat harap dilakukan supaya alat dapat berfungsi dengan baik dan tahan lama
5. Dalam melakukan praktek atau pengujian harap memperhatikan keselamatan kerja



DAFTAR PUSTAKA

Dahlan, dkk. (2009). Migratory Canada geese cause crash of US Airways Flight 1549. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 7(6), 297-301.

Jurnal Teknik Mesin SINERGI 13 (2), 160-173

MA Suyuti. (2019). Rancang Bangun Simpel Press Tool untuk Bending V Bottoming

Metal using neural network. *Materials & design*. 2009 Feb 1;30(2):418-23

Pambudi, A. (2006). Sistem Otomasi.

Serope Kalpakjian, Steven R. Schmid. (2010). *Manufacturing Engineering and Technology*

Shigley, J.E., dan Mitchell L. D. (1983). *Mechanical Engineering Design*, Fourth edition. New York: Mc Grow-Hill, Inc.

Siswanto, W.A. (2006). Simulasi Springback Benchmark Problem Croos Member Numisheet 2005, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dullah, M. J, dkk. (2019) "Desain dan Analisis Alat Bending V Sistem Hidro Pneumatik" *SINERGI* 17 (2): 168-178.

Suparmanto T. (2016). Perencanaan Mesin Penekuk Plat Besi (Mesin Bending). *Jurnal Teknik Mesin*. 16:5.

T Mulyanto. (2016). Analisis Proses Kerja Mesin Penekuk Plat Pneumatik. *Mekanikal: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, (Online), 14(2), 71-82

T.P.Donelson, N.J.Peacock. (1976). Tables for the computation of dielectronic recombination coefficients. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 16,7

LAMPIRAN

Lampiran 1 Proses Pemotongan Bahan



Gambar Pemotongan Bahan



Gambar Pemotongan Alat

Lampiran 2 Pembuatan Pelat Atas dan Bawah



Gambar Pembuatan Plat Atas dan Bawah



Gambar Proses Milling Pelat Atas

Lampiran 3 *Finishing* Alat



Proses Finishing Alat

Lampiran 4 Pengukuran Sudut Bending Sampel



Gambar Pengukuran Sudut Sampel

Lampiran 5 Sampel sebelum dan sesudah Bending



Gambar Pelat sebelum Bending



Gambar Pelat 300x60x2

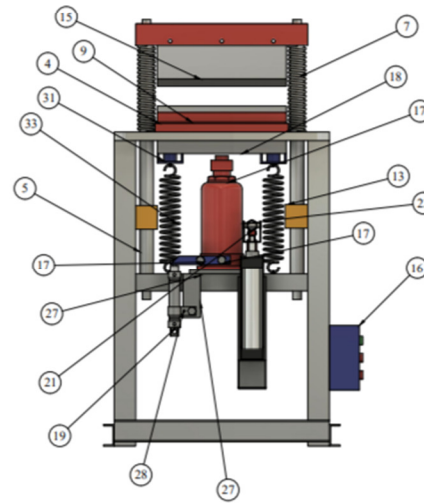
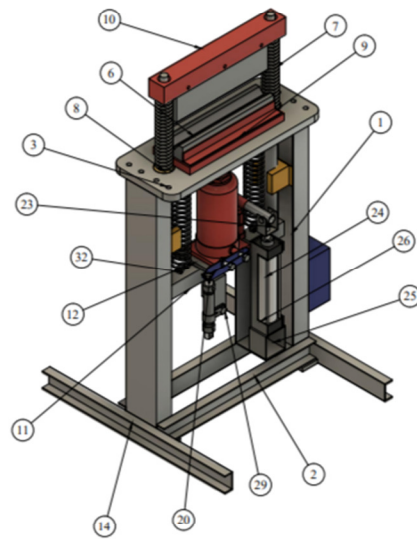


Gambar Pelat 300x60x3



Gambar Pelat 300x60x4

Lampiran 6 Desain Gambar



1	Papan Atas	13	Baja	250 x 40 x 4 mm	Abel
2	Motor	32	AB	100	Abel
3	Penutup Atas	31	ST - 37	160 x 50 x 14 mm	Abel
4	Mutir M10	30	M10		Abel
5	Mutir M10	29	M10		Abel
6	Pencetakan Holder	28	PVC	65 x 20 x 30 mm	Abel
7	Dudukan Pencetakan	27	ST - 37	-	Abel
8	Pencetakan Holder	26	PVC	65 x 20 x 30 mm	Abel
9	Dudukan Pencetakan	25	ST - 37	-	Abel
10	Pencetakan	24	-	-	Abel
11	Penutup Bawah	23	ST - 37	40 x 40 x 30 mm	Abel
12	Pin	22	ST - 37	42 x 15 mm	Abel
13	Stik Penghubung	21	ST - 37	160 x 23 mm	Abel
14	Mutir M8	20	M8		Abel
15	Pencetakan	19	-	-	Abel
16	Dudukan Papan	18	ST - 37	100 x 100 x 30mm	Abel
17	Drongkrak	17	Baja	-	Abel
18	Kotak Elektrik	16	Empalok	100 x 150 x 70mm	Abel
19	Punch	15	ST - 42	250 x 114 x 12mm	Abel
20	Polat U	14	ST - 37	160 x 50 x 25 mm	Abel
21	Beating	13	-	50 x 20 mm	Abel
22	Dudukan Drongkrak	12	ST - 37	250 x 150 x 30 mm	Abel
23	Bottom Plate	11	ST - 37	400 x 50 x 50 mm	Abel
24	Top Plate	10	ST - 42	400 x 50 x 50 mm	Abel
25	Punchan Die	9	ST - 37	300 x 20 x 20 mm	Abel
26	Kawat Baja	8	-	50 x 20 mm	Abel
27	Papan	7	Baja	250 x 40 x 5 mm	Abel
28	Die	6	ST - 42	100 x 60 x 60 mm	Abel
29	Pilar	5	-	100 x 12 mm	Abel
30	Dudukan Die	4	ST - 42	110 x 120 x 20mm	Abel
31	Mutir	3	ST - 37	200 x 200 x 20mm	Abel
32	Polat U 50	2	ST - 37	200 x 50 x 25 mm	Abel
33	Tiang Utama	1	ST - 37	210 x 160 x 30mm	Abel

No	Nama Bagian	Vol	Bag	Material	Ukuran	Keterangan
1						

Modifikasi Desain Konstruksi Alat Bantu V Dengan Sistem Halus Pencetakan		Halaman 1.4	Disusun oleh MFQ/GA3
---	--	----------------	-------------------------

Judul Skripsi Tugas Akhir : Modifikasi Desain Konstruksi Alat Bending V dengan Sistem Hidro Pneumatik
 Dosen Pengarah : Rusdi Nur, S.ST., M.T., Ph.D.

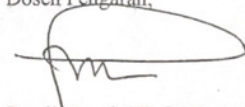
KARTU ASISTENSI

Nama : 1. Andi Fadel Ahmad 44320069
 2. Arial 44320072
 3. Farid Hidayat Arfa 44320074
 Program Studi/Jurusan : D4 Teknik Manufaktur / Teknik Mesin

No	Tanggal	Uraian Revisi	Paraf
1	8-3-2022	- Perbaiki penomoran dan kata yg salah - gambar 3.1. diperbaiki - perbaiki sampul & pengesah	YF
2	10-3-2022	- Perbaiki Tabel - Tahap perulangan diperbaiki	YF
3	13-3-2022	- Bab 4 di akhir ulang kembali	YF
4	14-3-2022	- teori AC & DC di kurangi - lembar pengesahan diperbaiki - Nama tabel dan gambar diperbaiki	YF
5	15-3-2022	- Bab 4 → 4.1 hasil rancang 4.2 hasil perakit 4.3 hasil pengujian	YF
6	16-3-2022	- Bab 5 → lengkapi diperbaiki dan - daftar pustaka	YF
7	17-3-2022	ACC yg lengkap	YF

Tanggal Acc: 17-3-2022

Makassar,
 Dosen Pengarah,



Rusdi Nur, S.ST., M.T., Ph.D.
 NIP. 19741106 200212 002

Judul Skripsi Tugas Akhir : Modifikasi Desain Konstruksi Alat Bending V dengan Sistem Hidro Pneumatik
 Dosen Pengarah : Muh. Arsyad Suyuti, S.T., M.T.

KARTU ASISTENSI

Nama : 1. Andi Fadel Ahmad 44320069
 2. Ariel 44320072
 3. Farid Hidayat Arfa 44320074
 Program Studi/Jurusan : D4 Teknik Manufaktur / Teknik Mesin

No	Tanggal	Uraian Revisi	Paraf
1.	16/05/2022	Perbaiki latar belakang - Tugan penelitian	
2.	21/05/2022	Tambahkan konsep desain baru (modifikasi) - Biaya manufaktur	
3.	24/05/2022	Ambil data pengujian t 4, 3 dan 2 - Buat tabel pengujian	
4.	03/03/2022	Jelaskan & perubahan semua modifikasi. - Perbaikan perhitungan	
5.	8/03/2022	Tambahkan sumber hasil pengujian - Spesifikasi alat - Daftar lampiran, kata pengantar - Lampiran Perbaikan	
6.	10/03/2022	OK Acc 10/03/2022	

Tanggal Acc: 10/03/2022


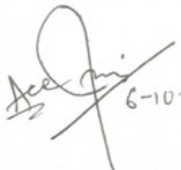
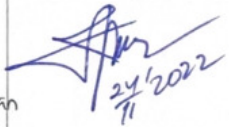
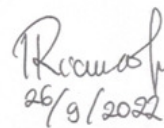
Makassar,
 Dosen Pengarah, Pembimbing II

Muh. Arsyad Suyuti, S.T., M.T.
 NIP. 19721206 200212 004

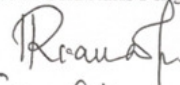
LEMBAR REVISI JUDUL PROYEK / TUGAS AKHIR

NAMA MAHASISWA : ARIAL / FARID HIDAYAT ARFA / ANDI FADEL AHMAD
 STAMBUK : 44320072 / ~~44320072~~ 44320074 / 44320069

Catatan Penguji :

No	Nama	Uraian	Tanda Tangan
	Syahrudin	- ukur hasil bending dari kiri ke kanan (10x) lalu bandingkan - sesuaikan rumusan masalah dan tujuan	 28/10/22
	Muas	- Lengkapi gambar - tanda tangan pembimbing harus ada di gambar	 6-10-2022
	Balam	- tambahkan data pengujuan. - tambahkan keterangan waktu. - tambahkan foto? pengukuran - tabel diperbaiki.	 24/11/2022
	Sahrana	- Perbaiki latar belakang - Tujuan jadikan satu saja.	 26/9/2022

Makassar,
 Ketua / Sekretaris Penguji,


 Sahrana

Catatan: Jika ada perubahan Judul Tugas Akhir konfirmasi secepatnya ke bagian Akademik.