

**TUGAS SARJANA**  
**KONSTRUKSI DAN MANUFAKTUR**  
**PEMBUATAN ALAT MANUFAKTUR DAN SISTEM**  
**KONTROLER UNTUK MESIN PEMBUAT KUBUS ES**  
**BERUKURAN KECIL**

*Diajukan Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T)  
Pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik,  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun oleh :**

**AHMAD FAUZAN LUBIS**

**1307230043**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
**MEDAN**  
**2017**

## **ABSTRAK**

*Mesin pembuat kubus es berukuran kecil yang dibuat merupakan mesin pembuat es yang prinsip kerjanya pada awal proses, pendingin gas dialirkan melalui serangkaian kumparan kecil. Tekanan gas masuk ke dalam kumparan, memberikan tekanan, ketika gas mencapai suhu yang diinginkan, pendingin dilepaskan ke tabung yang lebih besar. Ini menjadikan gas dingin dan menciptakan pengembunan, gas dalam kumparan menjadi cairan. Pengembunan tadi kemudian dibawa ke mesin penguap stainless steel yang dilengkapi dengan sistem pembilasan ganda. Metode proses pembuatan mesin alat penekuk plat secara manual untuk menekuk plat menggunakan besi siku dengan tebal 3mm. Mesin penekuk plat dengan ukuran panjang besi siku 50cm x lebar 4,5cm x tinggi 4,5cm. Mesin menggunakan sistem manual. Mesin penekuk plat manual dapat menahan beban dari kekuatan tekuk plat stainless sebesar 308N dan plat tembaga sebesar 299N.*

*Kata kunci : Alat Penekuk Plat*

## KATA PENGANTAR



*Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Sarjana ini dengan lancar. Tugas sarjana ini merupakan tugas akhir bagi mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dalam menyelesaikan studinya.

Untuk memenuhi syarat tersebut penulis dengan bimbingan daripada dosen pembimbing merencanakan sebuah

### **“Pembuatan Alat Manufaktur dan Sistem Kontroler Untuk Mesin Pembuat Kubus Es Berukuran Kecil”**

Dalam menyelesaikan tugas ini penulis banyak mengalami hambatan dan rintangan yang disebabkan minimnya pengetahuan dan pengalaman penulis, namun berkat petunjuk Allah SWT yang terus-menerus hadir dan atas kerja keras penulis, dan atas banyaknya bimbingan dari pada dosen pembimbing, serta bantuan moril maupun materil dari berbagai pihak akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas sarjana.

Untuk itu penulis pada kesempatan ini menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua tercinta penulis yaitu Ayahanda Zainil Amri Lubis dan Ibunda Siti Azizah yang telah membesarkan, mengasuh, mendidik, serta senantiasa memberikan kasih sayang, do'a yang tulus, dan dukungan moril maupun material sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Rahmatullah, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir Pembuatan Alat Manufaktur dan Sistem Kontroler Untuk Mesin Pembuat Kubus Es Berukuran Kecil.
3. Bapak Khairul Umurani, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir Pembuatan Alat Manufaktur dan Sistem Kontroler Untuk Mesin Pembuat Kubus Es Berukuran Kecil.
4. Bapak Dr. Eng. Rakhmad Arief Siregar selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir Pembuatan Alat Manufaktur dan Sistem Kontroler Untuk Mesin Pembuat Kubus Es Berukuran Kecil.
5. Bapak Sudirman Lubis, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir Pembuatan Alat Manufaktur dan Sistem Kontroler Untuk Mesin Pembuat Kubus Es Berukuran Kecil.
6. Bapak Rahmatullah, S.T., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T. selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

8. Bapak Khairul Umurani, S.T., M.T. selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Bapak Affandi, S.T. selaku Ketua Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Bapak Chandra A Siregar, S.T. selaku Sekretaris Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
11. Keluarga besar Lab Teknik Mesin UMSU yang telah memberikan dukungan, semangat dan do'a yang tulus baik secara moril maupun materil kepada penulis.
12. Seluruh teman-teman seperjuangan stambuk 2013 yang telah banyak memberikan bantuan, motivasi dan do'a yang tulus kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa tugas ini masih jauh dari sempurna dan tidak luput dari kekurangan, karena itu dengan senang hati dan penuh lapang dada penulis menerima segala bentuk kritik dan saran dari pembaca yang sifatnya membangun demi kesempurnaan penulisan tugas sarjana ini.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga tugas sarjana ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan semoga Allah SWT selalu merendahkan hati atas segala pengetahuan yang kita miliki. Amin Ya Rabbal Alamin.

*Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

Medan, 05 Oktober 2017

Penulis

**AHMAD FAUZAN LUBIS**  
**1307230043**

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PRNGESAHAN I</b>	
<b>LEMBAR PENGEAHAN II</b>	
<b>LEMBAR SPESIFIKASI TUGAS SARJANA</b>	
<b>ABSTRAK</b>	<b>i</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR SIMBOL</b>	<b>viii</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>5</b>
2.1 Teori Tentang Manufaktur	5
2.2 Membuat Alat Manufaktur	5
2.3 Gaya, Resultan Gaya, dan Momen	6
2.4 Fungsi Alat Penekuk Plat	8
2.5 Cara Kerja Mesin Penekuk Plat	10
2.6 Bagian – Bagian Proses Mesin Penekuk Plat	10
2.7 Kegagalan Proses Pembendingan	12
2.8 Istilah – Istilah Penekuk Plat ( Bending )	14
2.9 Jenis – Jenis Mesin Bending Roll	14
2.10 Bagian – Bagian Utama Mesin Roll ( Penekuk Plat )	17
2.11 Industri Kecil	18
2.12 Industri Menengah	19
2.13 Industri Besar	20
2.14 Sistem Kontroler Pada Mesin Pendingin	21
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN</b>	<b>24</b>
3.1 Tempat dan Waktu	24
3.2 Diagram Alir	25
3.3 Bahan dan Peralatan	26
3.3.1 Bahan	26
3.3.2 Peralatan	26
3.4. Proses Pembuatan	28
3.5 Prosedur Pengujian Mesin Pnekuk Plat	33
3.6 Gambar Design Alat Penekuk Plat	34
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>36</b>
4.1 Hasil Pembuatan Alat Manufaktur Pada Mesin Kubus Es	36
4.2 Pembahasan Sistem Kontroler	38
4.3 Cara Kerja Sistem Kontroler Terbuka Pada Thermostat	40

4.4 Hasil Pembuatan Mesin Kubus Es Berukuran Kecil	42
4.5 Menghitung Gaya Untuk Menekuk Plat	42
4.6 Menghitung Kekuatan Bahan Dan Baut	43
4.6 Biaya Pembuata Alat Penekuk Dan Mesin Kubus Es	45
4.7 Spesifikasi Mesin Alat Penekuk Plat Secara Manual	46
<b>BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>47</b>
5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran	47
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Gaya	7
Gambar 2.2	Resultan Gaya	7
Gambar 2.3	Momen	8
Gambar 2.4	Mesin Roll Plat Asimetris	14
Gambar 2.5	Mesin Roll Plat 3 Roll	15
Gambar 2.6	Mesin Roll atau Gulungan Plat	16
Gambar 2.7	Mesin Roll Plat 4 Roll	17
Gambar 2.8	Sistem Kontroler Terbuka	22
Gambar 2.9	Sistem Kontroler Tertutup	22
Gambar 2.10	Sistem Kontroler Kontinyu	23
Gambar 3.1	Diagram Alir	25
Gambar 3.2	Mesin Gerinda	27
Gambar 3.3	Mesin Las Busur Listrik	27
Gambar 3.4	Mesin Bor Tangan	28
Gambar 3.5	Baut dan Mur	28
Gambar 3.6	Plat Sudah Disatukan dengan Baut dan Mur	29
Gambar 3.7	Membuat Dudukan Tempat Penekukkan Plat	30
Gambar 3.8	Memasang Dudukan Plat Penekuk	30
Gambar 3.9	Membuat Pegangan ( Handle )	31
Gambar 3.10	Alat Penekuk Plat yang Dibuat	31
Gambar 3.11	Alat Pemotong Pipa	32
Gambar 3.12	Alat Pembengkok Pipa	33
Gambar 3.13	Gunting Plat Tembaga	33
Gambar 3.14	Desain Alat Penekuk Plat Secara Manual	35
Gambar 4.1	Penekuk Plat untuk Pembuat Mesin Kubus Es	36
Gambar 4.2	Pembengkokkan Pipa Tembaga Untuk Evaporator	37
Gambar 4.3	Gunting Plat Tembaga yang akan Dipotong	37
Gambar 4.4	Thermostat Pada Mesin Kubus Es Berukuran Kecil	40
Gambar 4.5	Bagian Pada Thermostat	41
Gambar 4.6	Hasil Pembuatan Mesin Kubus Es Berukuran Kecil	42
Gambar 4.7	Spesifikasi Alat Penekuk Plat Manual	46

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 TimeLine Kegiatan	24
Tabel 4.1 Biaya Pembuatan Mesin Kubus Es dan Alat Penekuk Plat	45
Tabel 4.2 Spesifikasi Mesin	46

## DAFTAR SIMBOL

F	= Gaya ( N )
$\sigma$	= Tegangan ( $n/m^2$ )
A	= Luas Penampang ( m )
T	= Torsi ( N/m )
r	= Jari-jari ( m )
K <sub>v</sub>	= Gaya Vertikal ( Kg )
K <sub>h</sub>	= Gaya Horizontal ( Kg )
M	= Momen ( Kg/ m )
R	= Resultan Gaya

## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1. Latar Belakang**

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi terutama pada bidang manufaktur dirasakan kemajuannya sangat pesat. Sehingga dibutuhkan pemikiran-pemikiran bagaimana cara untuk melakukan peningkatan jumlah serta kualitas produk dan mampu pula menekan ongkos produksinya. Sehingga dengan demikian suatu perusahaan di bidang industri diharapkan akan dapat bertahan dan berkembang untuk melanjutkan keberlangsungannya. Demikian juga kemajuan teknologi ini tidak terlepas dari semakin beragamnya kebutuhan manusia. Penemuan-penemuan dan penyempurnaan (modifikasi) sangat diperlukan untuk meningkatkan kerja mesin yang lebih efisien tanpa mengurangi kualitas dan peningkatan kuantitas produksi.

Semua mesin pembuat es bekerja dengan cara dasar yang sama mungkin sedikit dibutuhkan sedikit variasi meskipun teknologi sudah cukup beragam. Berbicara tentang mesin pembuat es yang menggunakan metode Air-cooled system. Ini terdiri dari proses yang berkesinambungan dari pemanasan, pendinginan, kondensansi, dan penguapan. Proses pembuatan es ini mirip dengan semua jenis mesin, dari mulai pembuat es dirumah hingga pembuat es dengan skala besar seperti di restoran. Jumlah es dan isi volum yang dihasilkan mesin pembuat es tergantung pada ukuran mesin penguap, seiring dengan kemajuan teknologi pembuat kubus es. Sehingga kita dapat membuat kubus es yang lebih baru dan hemat energi untuk mendinginkan minuman kita, tapi tetap teknologi pendingin dasar ini tetap akan mendasari itu semua. Inovasi untuk memenuhi

kebutuhan pembuatan mesin kubus es untuk minuman secara higienis sehingga penggunaan energi pun menjadi hemat dan efisien. Kalau dengan mesin refrigotor atau kulkas, pembuatan es batu bisa mencapai dua jam teknologi yang mengembangkan untuk pembuatan alat tugas akhir saya yang mampu membentuk es batu dalam waktu 2 jam = 1,35 kg. Mesin pembuat kubus es berukuran kecil, merancang pipa evaporator atau pipa pendingin, pipa tersebut dirancang menyatu dengan pencetak es batu. Pipa evaporator memuat freon sebagai fluida pendingin, freon paling efektif untuk membekukan air yang memiliki titik beku 0° celcius. Freon inilah yang menyerap kalor atau energi panas pada air hingga air tersebut membeku, proses pembentukan es batu hanya 2 jam = 1,35 kg es batu tercetak berbentuk kubus. Ada sistem sensor yang dipakai di alat pembuat kubus es ini, dimana bila es batu sudah terbentuk akan jatuh dengan sendirinya ke wadah penampungan es batu.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Ada beberapa yang menjadi rumusan masalah dalam proses pembuatan mesin pembuat kubus es berukuran kecil yaitu:

1. Bagaimana proses penerapan pembuatan mesin kubus es berukuran kecil dengan kapasitas 32,4 kg / hari
2. Bagaimana menganalisa kerja mesin pembuat kubus es berukuran kecil dengan kapasitas 32,4 kg / hari
3. Bagaimana membuat alat manufaktur untuk mesin kubus es berukuran kecil.
4. Bagaimana mengevaluasi hasil rancangan berdasarkan kekuatannya

### **1.3. Batasan Masalah**

Karena luasnya permasalahan pada mesin pembuat kubus es berukuran kecil, penulis merasa perlu untuk membatasi masalah yang akan di bahas dalam laporan ini, mengingat keterbatasan waktu, tempat, kemampuan dan pengalaman. Adapun batasan masalah dalam pembuatan alat manufaktur untuk mesin pembuat kubus es berukuran kecil ini adalah sebagai berikut:

1. Penerapan konsep konstruksi pembuatan mesin pembuat kubus es berukuran kecil.
2. Menganalisa kerja mesin pembuat kubus es berukuran kecil dengan waktu pembekuan 2 jam = 1,35 kg
3. Sistem membuat alat manufaktur untuk mesin pembuat kubus es berukuran kecil.
4. Mengevaluasi hasil rancangan berdasarkan kekuatannya

### **1.4. Tujuan**

Ada beberapa tujuan dari pembahasan ini yaitu :

1. Untuk membuat mesin pembuat kubus es
2. Untuk menganalisa setiap konsep rancangan mesin pembuat kubus es
3. Untuk membuat alat manufaktur untuk mesin pembuat kubus es
4. Untuk mengevaluasi hasil rancangan berdasarkan kekuatannya

### **1.5. Manfaat**

Adapun yang menjadi manfaat dari perencanaan pembuatan alat manufaktur untuk mesin pembuat kubus es, adalah:

1. Untuk mempermudah dalam melakukan mesin kubus es dengan menggunakan mesin penekuk plat manual

2. Agar bagian mesin seperti kompresor, kondensor, evaporator, katup ekspansi kekuatannya sesuai dengan yang diperlukan
3. Sebagai sarana untuk menambah ilmu pengetahuan penulis dalam bidang manufaktur mesin khususnya mesin pembuat kubus es berukuran kecil.
4. Sebagai referensi pada penulisan lanjut yang dilakukan oleh mahasiswa berikutnya.

### **1.6. Sistematika Penulisan**

Agar penulisan tugas akhir ini dapat dilaksanakan dengan mudah dan sistematis, maka pada penulisan tugas akhir ini disusun tahapan-tahapan sebagai berikut:

1. Pada BAB 1 menyampaikan tentang latar belakang, batasan masalah, rumusan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan.
2. Pada BAB 2 Landasan Teori, isinya membahas tentang teori-teori yang berhubungan dengan perencanaan ini, yang diperoleh dari berbagai referensi yang dijadikan landasan untuk melakukan perencanaan ini.
3. Pada BAB 3 membahas tentang metode pembuatan, bahan dan peralatan.
4. Pada BAB 4 analisis proses pembuatan, hambatan dalam proses pembuatan.
5. Pada BAB 5 berupa kesimpulan dan saran

## **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

## **2.1. Teori Tentang Manufaktur**

Manufaktur sebagai suatu sistem perusahaan pembuat produk dari suatu perusahaan. Biasa memiliki beberapa kekuatan khusus, seperti teknologi, pengetahuan, atau peralatan tertentu. Berdasarkan kekuatannya, produk baru harus dikembangkan untuk mempertahankan kualitasnya. Kata manufaktur berasal dari bahasa latin ( *manus* = tangan, *factus* = terbuat ) dan ditetapkan di kamus – kamus sebagai “ membuat barang – barang dan benda – benda dengan tangan atau, khususnya dengan mesin, sering kali pada skala besar serta dengan pembagian kerja. Proses manufaktur dipilih berdasarkan kemampuan dan keterbatasan proses , yang diperlunak oleh batasan yang ditetapkan berdasarkan laju produksi dan ukuran yang dibutuhkan. Tujuan manufaktur adalah penciptaan produk yang handal yang akan melakukan fungsi yang diharapkan, dibawah kondisi yang ditetapkan untuk jangka waktu yang ditentukan.

## **2.2.Membuat Alat Manufaktur**

Begitu sebuah produk dirancang, gambar produksi ( *production drawings* ) atau database komputer ( *computer database* ). Disiapkan dari assembli dan dari semua bagian, selain komponen- komponen standart yang diproduksi secara massal seperti sekrup, paku keling, pena pasak, dan bantalan. Kemudian dibuat keputusan – keputusan tentang bagian apa yang harus dibeli dari pemasok luar dan bagian apa yang seharusnya diproduksi sendiri. Umumnya, hampir selalu lebih ekonomis bila membeli komponen dan modul yang tersedia sebagai produk standart ( motor, kopling, katup, silinder, dan sebagainya ) serta daftar bahan disiapkan dalam banyak hal yang menjadi inti penting dalam proses manufaktur.

### 2.3. Gaya, Resultan Gaya, dan Momen

Sebuah konstruksi dibuat dengan ukuran – ukuran fisik tertentu haruslah mampu menahan gaya – gaya yang bekerja dan konstruksi tersebut harus kokoh sehingga tidak hancur dan rusak. Konstruksi dikatakan kokoh apabila konstruksi tersebut dalam keadaan stabil, kestabilan tersebut akan terjadi bila gaya – gaya yang bekerja pada konstruksi dalam arah vertikal dan horizontal saling menghilangkan atau sama dengan nol, dengan demikian dengan momen – momen yang bekerja pada konstruksi tersebut pada setiap titik kumpul saling menghilangkan atau sama dengan nol. Gaya yang dihasilkan akan terlihat lebih sesuai dengan keinginan yang kita perhitungkan.

Dalam analisa struktur terdapat metode penyelesaian dengan statis tertentu dan metode statis tak tentu. Pada metode statis tertentu berlaku prinsip – prinsip gaya dalam arah vertikal dan horizontal dan keseimbangan momen pada tumpuan dan dapat dinyatakan sebagai berikut :

- $\sum K_v = 0$
- $\sum K_h = 0$
- $\sum M = 0$

$K_v$  = Gaya Vertikal

$K_h$  = Gaya Horizontal

$M$  = Momen

A. Gaya

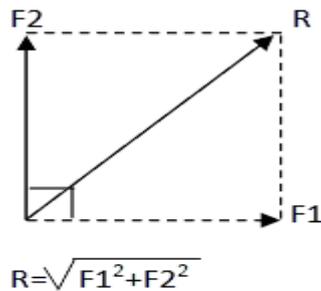
Gaya merupakan kekuatan yang dapat membuat benda dalam keadaan diam menjadi bergerak. Gaya bisa dilambangkan sebagai besaran yang mempunyai arah dan digambarkan dalam ilmu fisika seperti vector. Contohnya apabila pada sebuah benda dikerjakan pada sebuah gaya baik diangkat, ditarik atau didorong maka akan ada perlawanan terhadap gaya tersebut dan gaya perlawanan tersebut disebut dengan reaksi. Satuan untuk gaya ialah ( Newton, Kg dan Ton ).



Gambar2.1 Gaya

### B. Resultan Gaya

Apabila ada 2 buah gaya atau lebih bekerja pada sebuah benda maka dapat dilakukan penggabungan gaya – gaya tersebut yang disebut resultan gaya ( R ).



Gambar 2.2 Resultan Gaya

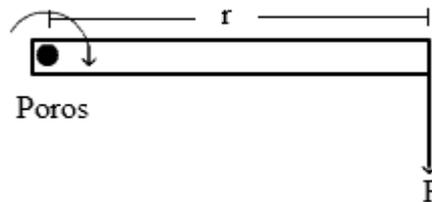
F1 = Gaya 1

F2 = Gaya 2

R = Resultan Gaya

### C. Momen

Momen terjadi apabila sebuah gaya bekerja mempunyai jarak tertentu dari titik yang akan menahan momen tersebut dan besarnya momen tersebut adalah besarnya yang dikalikan dengan jaraknya. Satuan momen ialah ( N/m, Kg/m, Kg/cm dan Ton/m ).



Gambar 2.3 Momen

## 2.4. Fungsi Alat Penekuk Plat

Untuk menekuk atau membending plat logam dengan sudut tertentu ( biasanya 90 derajat ). Mesin ini banyak digunakan di industri ( body, chassis, bak truk, dan sebagainya ) mesin penekuk plat yang digunakan umumnya terbagi menjadi 3 bagian :

### 1. Mesin tekuk plat manual

Mesin ini menggunakan tenaga manusia yang dibantu dengan bandul pemberat. Mesin ini tidak menggunakan sumber daya listrik sedikitpun, murni hanya menggunakan tenaga manusia, kelebihan

mesin ini adalah murah dan hemat biaya operasionalnya, dan kekurangan hanya cocok untuk plat berbahan dasar mild steel tipis ( tebal plat kurang dari 1 – 2 mm ) atau aluminium.

## 2. Mesin tekuk plat mekanikal

Mesin ini menggunakan tenaga motor listrik yang dibantu dengan semacam roda gila yang berfungsi sebagai pengumpul tenaga. Kelebihannya mesin ini adalah berkecepatan tinggi dan tenaganya besar, kekurangannya konsumsi listriknya besar dan suaranya sangat berisik serta tingkat kepresisiannya rendah.

## 3. Mesin tekuk plat hidrolik

Mesin ini menggunakan sistem hidrolik sebagai sumber tenaga penekuknya. Mesin ini membutuhkan daya listrik yang lebih efisien ( dibandingkan tipe mekanikal ) untuk menggerakkan pompa hidrolik, yang secara berkala harus diganti ( 2000 jam ). Kelebihannya mampu menekuk atau bending plat – plat yang tebal ( tergantung kapasitas mesin ) seperti mild steel, stainless steel dan aluminium, akurasinya terkontrol. Kekurangannya relatif lambat kerjanya, walaupun konsumsi listrik lebih efisien dibandingkan tipe mekanikal ( tetapi ada tambahan biaya rutin untuk penggantian oli ).

Hal – hal yang perlu diperhatikan dalam memilih mesin bending plat ini adalah sebagai berikut :

- a. Tebal plat yang akan dibending atau ditekuk, satuannya mm.
- b. Panjang kerja bending atau tekuknya, satuannya mm.
- c. Lebar V opening yang dipakai, satuannya mm

d. Tensile strength dari material yang dipakai, satuannya kg/mm<sup>2</sup>

Dari hal – hal yang tersebut diatas akan bisa ditentukan besarnya kebutuhan tonase dari mesin bending plat.

### **2.5. Cara Kerja Mesin Penekuk plat**

1. Material yang ditekuk harus tahan di tekuk
2. Tebal material yang di tekuk masih dalam kapasitas alat penekuk
3. Pemilihan V dies yang digunakan harus tepat
4. Profil bendingan bisa diproses dengan peralatan yang ada atau tidak.

Pada bagian ini penekuk dalam industri dijelaskan bending dalam proses deformasi secara plastik dari logam terhadap sumbu linier dengan hanya sedikit atau hampir tidak mengalami perubahan luas permukaan dengan bantuan tekanan piston pembentuk dan cetakan ( die ) sepotong besi dapat menjadi bengkok akibat tekanan mesin sederhana dengan menggunakan press yang disebut bending. Biasanya pekerjaan bending menggunakan sepotong besi panjang, lembaran logam ataupun piring. Bending biasanya memakai die bentuk L, V, U dan W atau yang lainnya. Bending menyebabkan logam pada sisi luar sumbu netral mengalami tarikan, sedangkan pada sisi lainnya mengalami tekanan.

### **2.6. Bagian – Bagian Proses Mesin Penekuk Plat**

#### **1. Angle Bending**

Angle bending adalah pembentukan plat atau besi dengan menekuk bagian tertentu plat untuk mendapatkan hasil tekukan yang diinginkan. Selain menekuk, dengan pekerjaan ini dapat memotong plat yang disisipkan dan juga dapat membuat lengkungan dengan sudut sampai lebih kurang 150° pada lembaran logam.

## 2. Press Brake Bending

Press brake bending adalah suatu pekerjaan bending yang menggunakan penekan dan sebuah cetakan ( die ). Proses ini membentuk plat yang diletakkan diatas die lalu ditekan oleh penekanan dari atas sehingga hasil tekukan yang serupa dengan bentuk die. Umumnya die berbentuk U, W, dan ada juga yang mempunyai bentuk tertentu.

## 3. Draw Bending

Draw bending yaitu pekerjaan mencetak plat dengan menggunakan roll penekanan dan cetakan. Roll yang berputar menekan plat dan terdorong kearah cetakan, pembentukan dengan draw bending ini sangat cepat dan menghasilkan hasil banyak, tetapi kelemahannya adalah pada benda yang terjadi springback yang terlalu besar sehingga hasil menjadi kurang maksimal.

## 4. Roll bending

Roll bending yaitu bending yang biasanya digunakan untuk membentuk silinder, atau bentuk – bentuk lengkung lingkaran dari plat logam yang disisipkan pada suatu roll yang berputar. Roll tersebut mendorong dan membentuk plat yang berputar secara terus menerus hingga terbentuklah silinder.

## 5. Roll forming

Dalam roll pembentukan, bahan memiliki panjang dan masing – masing bagian dibengkokkan secara individual oleh roll. Untuk menekuk bahan yang panjang, menggunakan sepasang roll yang berjalan. Dalam proses ini juga dikenal sebagai forming dengan

membentuk kontur melalui pekerjaan dingin ( *cold working* ) dalam membentuk logam. Logam di bnegkokkan secara bertahap dengan melewati melalui serangkaian roll. Bahan roll umumnya terbuat dari besi baja karbon atau abu – abu dan dilapisi chrome untuk ketahanan aus, proses ini digunakan untuk membuat bentuk – bentuk kompleks dengan bahan dasar lembaran logam. Tebal bahan sebelum maupun sesudah proses pembentukan tidak mengalami perubahan.

#### 6. Seaming

Seaming adalah operasi bending yang digunakan untuk menyambung ujung lembaran logam sehingga membentuk benda kerja, sambungan dibentuk dengan rol – rol kecil yang disusun secara berurutan.

#### 7. Straightening

Straightening merupakan proses yang berlawanan dengan bending, digunakan untuk meluruskan logam. Pada umumnya straightening dilaksanakan sebelum benda kerja dibending, proses ini menggunakan rol – rol yang dipasang sejajar dengan ketinggian sumbu rol yang berbeda.

#### 8. Flanging

Flanging sama dengan seaming hanya saja ditunjukkan untuk melipat dan membentuk suatu permukaan yang lebih besar.

### **2.7. Kegagalan Proses Pembendingan**

Dalam proses pekerjaan bending, ada beberapa kemungkinan gagal pembentukan benda yang terjadi, diantaranya yaitu :

### 1. Springback

Springback terjadi karena semua benda – benda memiliki modulus tertentu dari elastisitas, perubahan logam diikuti dengan pemulihan lenting pada pemulihan beban. Dalam pembentukan, pemulihan ini dikenal sebagai springback, sudut lengkung akhir setelah diberi kekuatan tekan/pembentukan lebih kecil dan radius lengkung akhir lebih besar dari yang sebelumnya. Sudut lengkung yang dihasilkan menjadi lebih besar setelah pembentukan dilakukan. Kegagalan springback negatif dapat berupa kembalinya bentuk benda menuju ke bentuk semula.

### 2. Sobek

Kegagalan ini disebabkan karena keelastisan benda yang kurang atau pada saat pembentukan terjadi tumbukan yang terlalu besar sehingga benda yang dibentuk menerima tekanan lebih yang menyebabkan sobek. Umumnya sobek terjadi pada pengerjaan yang menggunakan benda plat, plat yang digunakan kurang memiliki ketebalan yang cukup.

### 3. Patah

Salah satu kegagalan dalam proses pembendungan yaitu patah. Penyebab patah antara lain terlalu kerasnya benda yang dibentuk, benda yang didorong atau ditekan dalam cetakan tidak memiliki elastisitas yang cukup, sehingga tekanan yang dilakukan bukan membentuk tapi mematahkan. Sebab lain yaitu berulang kalinya penekukan yang dilakukan pada benda dititik tekukan yang sama, tekukan berulang kali yang diberikan tidak dapat diterima oleh logam yang dibentuk. Sehingga

terjadilah patahan, bahkan untuk logam yang termasuk elastis, gagal patah bisa terjadi.

## **2.8. Istilah – Istilah Penekuk Plat ( Bending )**

Bending adalah salah satu operasi yang paling umum metalworking, bagian yang dibuat dengan menekuk lembar saham dan lentur juga merupakan komponen dari lembaran logam yang lebih kompleks membentuk operatins. Menekuk adalah deformasi plastik logam sekitar sumbu linier disebut sumbu lentur dengan sedikit perubahan atau tidak ada dalam luas permukaan. Ketika bends beberapa dibuat secara simultan menggunakan mati, proses ini kadang – kadang disebut membentuk, bahwa sumbu tikungan adalah linier dan independen.

## **2.9. Jenis – Jenis Mesin Bending Roll**

### **1. Mesin Roll Plat Asimetris**

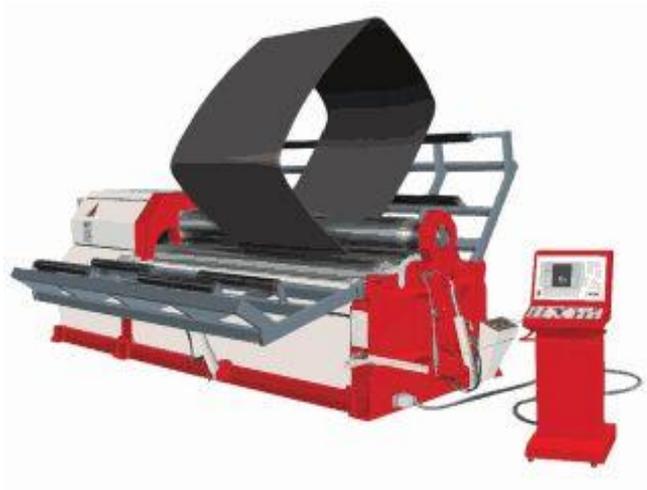
Mesin ini merupakan tipe yang paling sederhana, menggunakan 3 roll yang disusun secara asimetris yang mana 2 roll digunakan untuk menjepit dan satu roll untuk mengarahkan. Tenaga yang digunakan bisa dari tenaga manusia, motor listrik maupun hidrolis dan mesin ini menggunakan untuk mengerol plat – plat tipis.



Gambar 2.4 Mesin Roll Plat Asimetris

## 2. Mesin Roll Plat 3 Roll

Mesin ini rollnya disusun seperti segitiga, dua roll dipasang sejajar dibawah dan 1 roll dipasang diatas diantara 2 roll bawah tersebut. Mesin ini menggunakan tenaga motor listrik dan hidrolik, mesin ini dipakai untuk mengerol plat – plat tebal dan beberapa merk ternama mesin ini bisa untuk membentuk conebending ( kerucut ). Fungsi *cone bending* ini tidak selalu ada di mesin 3 roll dan untuk diketahui membentuk *cone bending* membutuhkan kapasitas 2 kali lebih besar dari pada membentuk pipa atau tangki biasa. Rancangan mesin roll bending yang akan diwujudkan ialah mesin roll bending sistem 3 roll yang disusun secara segitiga dilengkapi pemanas dengan sumber elektrik yang dibantu blower untuk mendistribusikan panas melalui sebuah pipa yang diberi lubang mengarah ke plat yang akan dibending. Selain itu mesin ini juga berfungsi untuk mengatur arah dari putaran motor. Mesin plat 3 roll digunakan di bagian industri menengah karena mesin tersebut memiliki kapasitas yang masih sedang.



Gambar 2.5 Mesin Roll Plat 3 Roll

### 3. Mesin Roll atau Gulung Plat

Mesin roll atau gulung plat adalah mesin yang penting dalam pembuatan pipa atau tangki karena mesin ini mampu menggulung plat sehingga membentuk profil kurva lingkaran.



Gambar 2.6 Mesin Roll atau Gulungan Plat

### 4. Mesin Roll Plat 4 Roll

Mesin ini merupakan penyempurnaan dari mesin 3 roll, dimana 2 rollnya dipasang lurus atas bawah dan 2 roll lagi dipasang disamping kanan kirinya, mesin ini lebih memudahkan dalam penempatan plat karena bisa dipasang

sejajar dengan meja atau side support. Fungsi *cone bending* juga lebih sempurna oleh mesin ini, dalam melakukan pengerolan dikenal dengan istilah prebending, yaitu dimana ujung dari plat yang digulung menjadi sangat keras sehingga tetap lurus ( tidak dibending dengan baik ). Hal ini dikarenakan beberapa faktor, seperti desain dari mesin roll itu sendiri ( terutama 3 roll ) dan keahlian dari operator. Dalam mesin 4 roll hal itu bisa diminimalkan sehingga hasil dari pengerolan tidak menyisakan plat yang masih lurus, jadi hasilnya terbending sempurna dari ujung ke ujung tinggal mengelasnya saja, tentu saja tenaga yang digunakan untuk melakukan fungsi prebending ( mengerol ujung ) ini lebih besar dari pada mengerol bagian tengah. Mesin roll pipa atau mesin penekuk plat ialah mesin yang pada umumnya digunakan pada perusahaan pabrikan atau perusahaan yang membuat trails, dan sebagainya. Mesin ini bekerja dengan sistem dua penumpu dan satu penekan ditengah, mesin dapat digunakan untuk beberapa jenis ukuran diameter pipa dan beberapa ukuran plat.



Gambar 2.7 Mesin Roll Plat 4 Roll

## **2.10 Bagian – Bagian Utama Mesin Roll ( Penekuk Plat )**

1. Meja roll pipa

Meja roll pipa berfungsi sebagai penompang semua komponen, meja terbuat dari besi plat siku dengan tebal 6mm.

## 2. Matras roll

Matras pada mesin ini adalahudukan ( landasan ) untuk pipa yang akan melalui proses pengerjaan dengan menggunakan mesin roll pipa ini. Matras pada mesin ini berjumlah 3 buah matras yang sama bentuk dan ukurannya, hanya saja berbeda fungsinya. Matras atas ( matras tekan ) berjumlah satu buah, berfungsi sebagai penekan pipa, serta kedua matras lainnya hanya sebagaiudukan untuk plat.

## 3. Control System ( Sistem Pengerak )

Adalah sistem penjamin bahwa urutan cara kerja mesin harus benar dan sesuai dengan program yang sudah dibuat oleh pembuat mesin. Sehingga setiap gerakan, setiap perubahan, sinyal-sinyal sensor yang bisa ratusan jumlahnya bisa saling mengikat, saling berhubungan dan saling mengunci dan sehingga kinerja mesin tetap terjaga. Apalagi yang berhubungan dengan sistem keamanan dan keselamatan pengguna mesin, maka dibuat berlapis, sehingga bisa menghilangkan resiko karena resiko human error pengguna mesin itu sendiri. Oleh sebab itu di adakanya sistem kontrol pada pembuat mesin untuk mempermudah operator agar bisa mengoperasikan mesin cetak injeksi tersebut dan membuat sistem kontrol yang mudah di mengerti oleh operator tersebut, dan perlunya juga memberi tanda pada mesin roll seperti lampu alarm menandakan ada kesalahan pada sistem kontrol tersebut.

## **2.11 Industri Kecil**

Industri kecil adalah kegiatan ekonomi produktif yang berdiri sendiri, yang dilakukan oleh orang perorangan atau badan usaha yang bukan anak perusahaan atau bukan cabang perusahaan yang dimiliki.

Untuk Dagang dan Industri Indonesia menentukan batasan pengusaha kecil dalam jenis kegiatan dengan tolak ukur yang berbeda-beda, seperti nilai mesin dan peralatan, nilai modal, dan lain-lain sebagai berikut:

1. Pengusaha kecil bidang industri adalah yang memiliki nilai mesin dan peralatan kurang dari Rp.100.000.000, (Seratus Juta Rupiah)
2. Pengusaha kecil bidang perdagangan eceran adalah yang memiliki nilai persediaan dan tempat usaha kurang dari Rp.25.000.000, (Dua Puluh Lima Juta Rupiah)
3. Pengusaha kecil bidang konstruksi adalah yang memiliki kemampuan pemborong kurang dari Rp.100.000.000, (Seratus Juta Rupiah)
4. Pengusaha kecil bidang jasa adalah yang memiliki nilai persediaan, mesin, peralatan serta tempat usaha kurang dari Rp.25.000.000, (Dua Puluh Lima Juta Rupiah)

Suatu usaha industri kecil memiliki kategori sesuai dengan banyaknya tenaga kerja dari perusahaan yang bersangkutan adalah sebagai berikut: Industri kecil jumlah tenaganya antara 5-19 orang.

## **2.12 Industri Menengah**

Industri menengah adalah kegiatan ekonomi produktif yang berdiri sendiri, yang dilakukan lebih dari satu orang, badan usaha yang mulai berkembang dan mulai membuka cabang untuk usaha itu sendiri.

Untuk Dagang dan Industri Indonesia menentukan batasan pengusaha menengah dalam jenis kegiatan dengan tolak ukur yang berbeda-beda, seperti nilai mesin dan peralatan, nilai modal, dan lain-lain sebagai berikut:

1. Pengusaha Menengah bidang industri adalah yang memiliki nilai mesin dan peralatan kurang dari Rp.600.000.000,(Enam Ratus Juta Rupiah)
2. Pengusaha Menengah bidang perdagangan toko adalah yang memiliki nilai persediaan dan tempat usaha kurang dari Rp.250.000.000, (Dua Ratus Lima Puluh Juta Rupiah)
3. Pengusaha Menengah bidang konstruksi adalah yang memiliki *workshop* lain dari bangunan konstruksi dan tanah bangunan itu sendiri kurang dari Rp.300.000.000, (Tigaratus Juta Rupiah)
4. Pengusaha menengah bidang jasa adalah yang memiliki nilai persediaan, mesin, peralatan serta tempat usaha kurang dari Rp.200.000.000, (Duaratus Juta Rupiah)

Suatu usaha industri Menengah memiliki kategori sesuai dengan banyaknya tenaga kerja dari perusahaan yang bersangkutan adalah sebagai berikut: Industri menengah jumlah tenaga kerjanya antara 20-99 orang.

### 2.13 Industri Besar

Industri besar adalah kegiatan ekonomi produktif yang dilakukan oleh sekelompok, badan usaha yang sudah berkembang dan memiliki banyak cabang perusahaan, dan menghasilkan produksi yang besar dan banyak di import ke berbagai daerah bahkan ke luar kota.

Untuk Dagang dan Industri Indonesia menentukan batasan pengusaha besar dalam jenis kegiatan dengan tolak ukur yang berbeda-beda, seperti nilai mesin dan peralatan, nilai modal, dan lain-lain sebagai berikut:

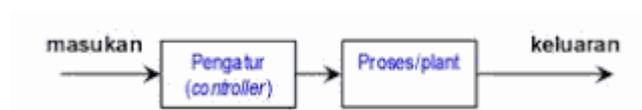
1. Pengusaha besar bidang industri adalah yang memiliki nilai mesin dan peralatan kurang dari Rp1000.000.000, (Satu Milyar Rupiah)
2. Pengusaha besar bidang perdagangan supermarket adalah yang memiliki nilai persediaan dan tempat usaha kurang dari Rp.500.000.000, (Lima Ratus Juta Rupiah)
3. Pengusaha besar bidang konstruksi adalah yang memiliki *workshop* kurang dari Rp.600.000.000, (Enam Ratus Juta Rupiah)
4. Pengusaha besar bidang jasa adalah yang memiliki nilai persediaan, mesin, peralatan serta tempat usaha kurang dari Rp.400.000.000.

Suatu usaha industri Menengah memiliki kategori sesuai dengan banyaknya tenaga kerja dari perusahaan yang bersangkutan adalah sebagai berikut: Industri besar jumlah tenaga kerjanya antara 100 orang atau lebih.

Dapat disimpulkan dari ketiga industri yang terdapat di dunia dari kecil, menengah samapi industri besar diperlukan biaya yang cukup besar. Karena membangun sebuah industri untuk memproses segala seusatu yang dibutuhkan oleh kebutuhan hidup seperti pembuatan mobil, yang membutuhkan alan manufaktur untuk membuatnya.

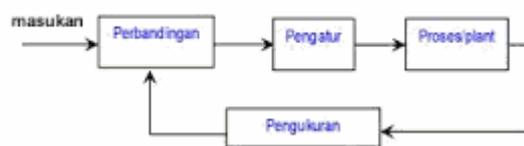
## 2.14 Sistem Kontroler Pada Mesin Pendingin

Sistem kontroler atau ada juga yang menyebut sistem pengendalian agar mampu mengendalikan kerja mesin. Sistem kontrol adalah perencanaan, pembuatan sketsa, atau penggambaran, sistem kontroler suatu kumpulan alat atau komponen yang saling berhubungan untuk mengendalikan atau mengontrol suatu sistem. Masukan dan keluaran merupakan variabel atau besaran fisis, keluaran merupakan hal yang dihasilkan oleh kendalian atau kontrol, artinya yang dikendalikan. Sedangkan masukan adalah yang mempengaruhi kendalian, yang mengatur keluaran. Pada sistem kendali dikenal sistem lup terbuka ( *open loop system* ) dan sistem lup tertutup ( *close loop system* ). Sistem kendali lup terbuka umumnya mempergunakan pengatur ( *controller* ) serta aktuator yang berguna untuk memperoleh respon sistem yang baik. Sistem kendali ini keluarannya tidak diperhitungkan ulang oleh *controller*.



Gambar 2.8 Sistem Kontroler Terbuka

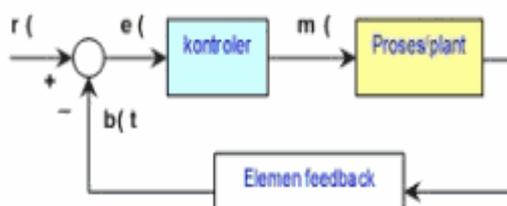
Pada sistem pengendali tertutup ( close loop system ) memanfaatkan variabel yang sebanding dengan selisih respon yang terjadi terhadap respon yang diinginkan. Sistem controller tertutup dikenal dengan sistem umpan balik, aplikasi sistem dipergunakan untuk sistem penyetelan temperatur pada refrigerant, oven, tungku dan pemanas air. Sistem kontoler tertutup akan bekerja dengan baik, setelah kontroler membentuk sebuah konfigurasi sistem, yang akan menghasilkan sistem yang diharapkan.



Gambar 2.9 Sistem Kontroller Tertutup

Apabila keluaran aktual telah sama dengan referensi atau masukan maka input kontroler akan bernilai nol. Nilai ini artinya kontroler tidak lagi memberikan sinyal aktuasi pada plant, karena target akhir perintah gerak telah diperoleh. Sistem kendali loop terbuka dan tertutup tersebut merupakan bentuk sederhana yang nantinya akan mendasari semua sistem pengaturan yang lebih kompleks dan rumit.

Sistem pengendalian kontinyu ialah sistem pengendalian yang berjalan secara kontinyu, pada setiap respon sistem selalu ada. Sinyal  $e(t)$  yang masuk ke kontroler dan sinyal  $m(t)$  yang keluar dari kontroler adalah sinyal kontinyu.



Gambar 2.10 Sistem Controller Kontinyu

Thermostat pada mesin pembuat kubus es berukuran kecil ialah sebagai sistem kontroler untuk menurunkan cairan dan tekanan – tekanan evaporator dalam batas – batas yang telah ditentukan dengan mengalirkan cairan bahan pendingin dalam jumlah yang tertentu ke dalam evaporator. Bahan pendingin adalah suatu zat yang mudah dirubah bentuknya dari gas menjadi cair

## **BAB 3**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1. Tempat Dan Waktu**

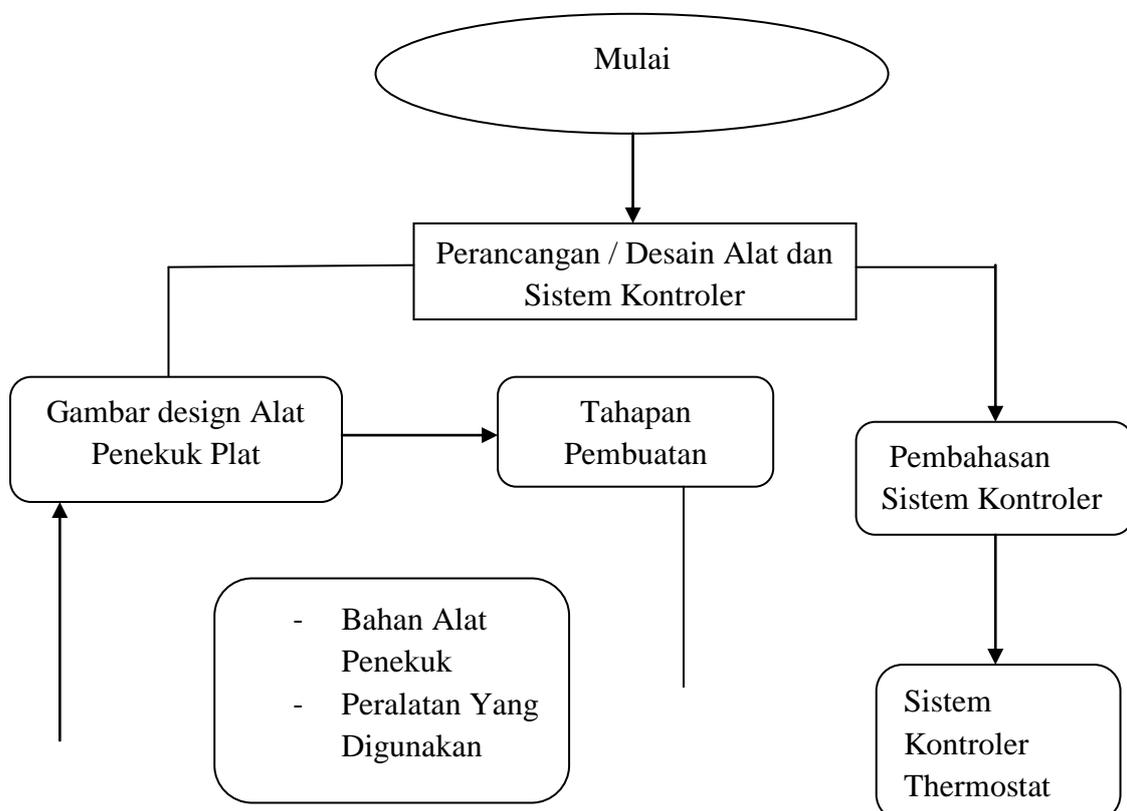
1. Tempat pembuatan alat penekuk plat pada mesin kubus es dan kegiatan uji coba dilaksanakan di Jalan Suasa Tengah Pasar IV Lingkungan. 6 No. 14 Mabar Hilir Medan.
2. Waktu pelaksanaan pembuatan alat penekuk plat pada mesin kubus es dan kegiatan uji cobadirencanakan dilaksanakan sejak tanggal pengesahan usulandi Jalan Suasa Tengah Pasar IV Lingkungan. 6 No. 14 Mabar Hilir Medan.Oleh pengelola Program Studi Teknik Mesin sampai dinyatakan selesai, diperkirakan selama 7 bulan.

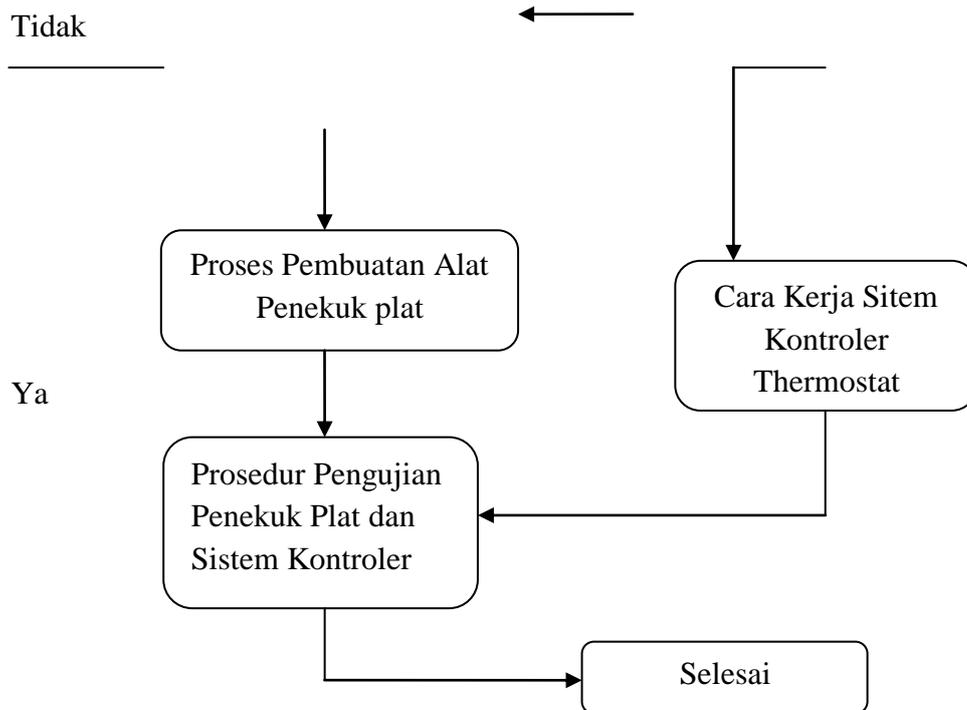
Tabel 3.1. Jadwal Proses Kegiatan Pembuatan Alat Manufaktur dan Sistem Kontroler Pada Mesin Kubus Es

NO	Uraian Kegiatan	Bulan						
		Jan	Feb	Mar	Mei	Juni	juli	Sept
1	Pengajuan Judul	✓						
2	Studi Literatur		✓	✓				
3	Penyiapan Bahan				✓			
4	Pembuatan Alat					✓		
5	Pengujian Mesin Kubus Es Berukuran kecil						✓	
6	Penyusunan Skripsi				✓			
7	Sidang Sarjana							✓

### 3.2 Diagram Alir

Pembuatan Alat Manufaktur dan Sistem Kontroler ditunjukkan dalam diagram alir dibawah ini :





Gambar 3.1 Diagram Alir Pembuatan Alat Manufaktur

### 3.3. Bahan dan Peralatan

#### 3.3.1. Bahan

1. Bahan yang dikerjakan pada pembuatan alat manufaktur penekuk plat pada mesin kubus es

- a. Besi siku tebal 3 mm, siku nya adalah siku dengan kaki 50cmx50cm
- b. Plat besi 3mm, panjangnya 40cm
- c. Mur ukuran 10mm
- d. Baut ukuran 10mm
- e. Mur serta baut 6mm

2. Bahan yang dibeli pada pembuatan alat manufaktur penekuk plat pada mesin kubus es

- a. Plat besi dengan tebal 3mm, panjang 40cm
- b. Baut ukuran 10mm

c. Mur ukuran 10mm

### 3.3.2. Peralatan

Untuk melakukan pembuatan alat manufaktur ini digunakan peralatan antara lain :

1. Untuk pengerjaan atau pembuatan alat manufaktur mesin kubus es berukuran kecil digunakan mesin antara lain:

a. Mesin gerinda tangan

Mesin gerinda tangan digunakan untuk menggerinda atau memotong logam plat yang akan di buat untuk pembuatan alat penekuk. Menggunakan mesin gerinda tangan harus dengan teliti, oleh sebab itu diperlukan menggunakan sarung tangan sebagai pelindung.



Gambar 3.2 Mesin Gerinda

b. Mesin Las

Las yang digunakan adalah las busur listrik, yaitu energi yang bersumber dari beberapa alternative diantaranya energi dari panas, pembakaran gas dan energi listrik. Las busur listrik digunakan untuk melelehkan kedua logam yang akan disambung.



Gambar 3.3 Mesin Las Busur Listrik

#### c. Mesin Bor Tangan

Mesin bor tangan adalah mesin bor yang pengoperasiannya dengan menggunakan tangan dan bentuknya mirip seperti pistol. Mesin bor digunakan untuk melubangin logam plat yang akan untuk tempat baut dan mur. Serta melakukan pengeboran pada bagian yang akan di bor harus benar – benar pas dan harus teliti saat pengeboran, karena getaran saat melakukan pengeboran sangat kuat maka pegangan yang akan di bor harus kuat juga.



Gambar 3.4 Mesin Bor Tangan

#### d. Baut dan Mur

Baut dan mur digunakan untuk membuat pegangan handle pada alat penekuk yang dilas pada logam plat.



Gambar 3.5 Baut dan Mur

### 3.4 Proses Pembuatan

Untuk melakukan pembuatan alat manufaktur pembuatan mesin es berukuran kecil ini dilakukan dengan beberapa tahapan. Mulai dari perencanaan hingga perhitungan kekuatan. Setelah itu pembuatan alat penekuk plat pada mesin kubus es berukuran kecil, jika posisinya sudah di tengah – tengah kedua siku. Las kedua mur tersebut, ulangi langkah ini untuk membuat engsel disisi yang lain dari siku kedua engsel sudah fix dipasang. Setelah itu ke tahapan langkah pembuatan sebagai berikut :

1. Baut serta mur akan kita gunakan sebagai engsel dikiri dan kanannya besi siku. Supaya besi siku bisa buka tutup dengan pas, maka yang harus kita lakukan ialah memposisikan engsel dengan tepat pada bagian tengah kedua besi siku.



Gambar 3.6 Plat Sudah Disatukan Dengan Baut dan Mur

2. Potong sisa baut yang kepanjangannya memakai gerinda potong yang telah disiapkan, lalu buat penjepit plat yang akan ditebuk nanti. Untuk tujuan ini gunakan plat 3mm yang telah disiapkan, plat 3mm akan dipasang di satu sisi tepatnya disisi dalam besi siku dilangkah pertama. Buat tiga buah lubang dengan diameter 6mm pada bagian kiri, kanan serta tengah hingga menembus besi siku. Ketiga lubang ini merupakan tempat mur serta baut yang juga berukuran 6mm. Fungsi baut dan mur ini adalah buat membuka serta mengunci plat yang akan ditebuk. Dudukan baut tersebut telah di las jadi otomatis baut tersebut tidak bergerak kembali, karena pada saat melakukan penekukan plat memerlukan kekuatan oleh sebab itu baut yang sebagai media penjempit harus lebih kuat agar plat yang diteku tidak lari dari pada saat melakukan penekukkan plat.



Gambar 3.7 Membuat Dudukan Tempat Penekukan Plat

3. Pasang dudukan buat alat penekuk supaya bisa dijepitkan catok, manfaatkan potongan besi siku lalu las di bagian bawah alat penekuk. Supaya dapat dijepit diragum.



Gambar 3.8 Memasang Dudukan Plat Penekuk

4. Langkah terakhir, membuat handle atau pegangan. Ini bermanfaat untuk mengoperasikan alat penekuk, caranya adalah dengan mengelas potongan baut yang panjang di bawah siku, yang nantik dudukan tersebut akan di

japitkan pada ragum pada proses yang akan dilakukan setelah alat penekuk plat secara manual benar sudah siap untuk digunakan untuk menekuk plat.



Gambar 3.9 Membuat Pegangan ( *Handle* )

Seluruh bagian sudah dipasang, agar alat penekuk plat terlihat rapi, cantik dan terlihat awet, gak mudah berkarat cukup melakukan pengecatan.



Gambar 3.10 Alat Penekuk Plat Yang Dibuat

## 2. Alat Manufaktur Pemotong Pipa Pada Mesin Pembuat Kubus Es

Pemotong pipa di gunakan untuk memotong pipa agar menjadi rata dan pipa tetap bulat serta tidak ada retakan, hal ini penting diperhatikan agar saat pipa

dilas, pipa tidak mengalami pecah dan hasilnya baik. Alat ini juga bisa untuk memotong pipa berukuran kecil juga seperti pipa kapiler agar penampang pipa yang kecil tetap bulat dan tidak tersumbat ketika dipotong. Pipa kapiler yang akan dipotong harus dalam keadaan masih bagus biar pipa tidak akan sumbat. Pipa kapiler yang terbuat dari tembaga yang tebalnya 0,8 mm.



Gambar 3.11 Alat Pemotong Pipa Pada Mesin Kubus Es Berukuran Kecil

### 3. Alat Pembengkok Pipa Pada Mesin Kubus Es Berukuran Kecil

Alat pembengkok pipa digunakan untuk melengkungkan pipa tembaga agar penampang pipa pada belokan tidak berubah, dan tidak akan terjadi kebocoran pada pipa tembaga. Untuk pipa tersebut yang setelah di lengkungkan akan segera dilas ke evaporator untuk proses pendinginan, makanya pipa tidak boleh ada kebocoran.



Gambar 3.12 Alat Pembengkok Pipa Pada Mesin Kubus Es

#### 4. Gunting Plat Tembaga

Gunting ini digunakan untuk memotong plat tembaga yang telah diukur sesuai dengan yang akan dibuat, proses penggunaan gunting ini ialah untuk membuat evaporator dengan membikin sirip – sirip pada evaporator.



Gambar 3.13 Gunting Plat Tembaga

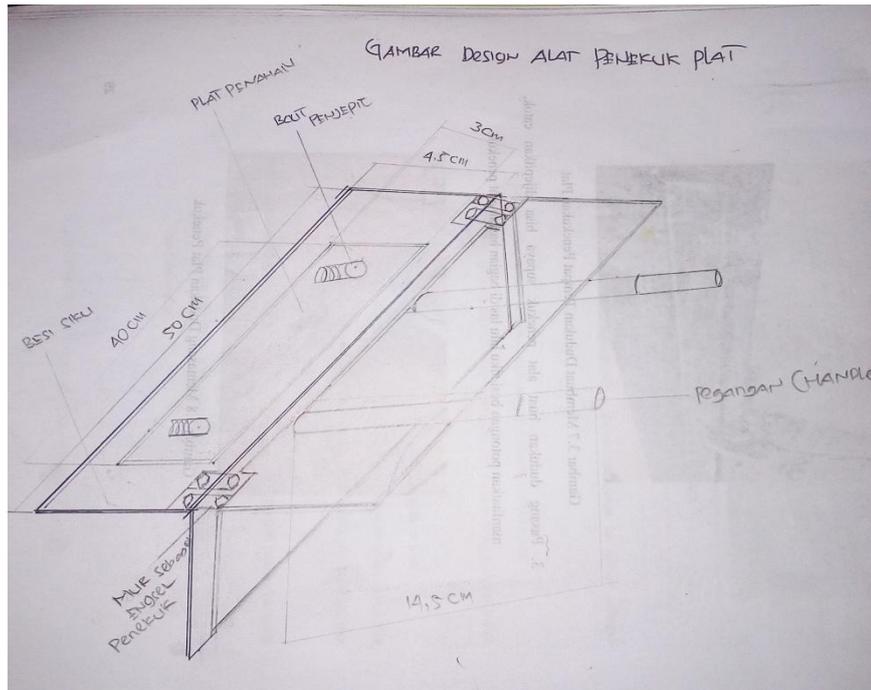
### 3.5 Prosedur Pengujian Mesin Penekuk Plat

Adapun prosedur yang dilakukan dalam percobaan ini adalah sebagai berikut :

- a) Menyiapkan ragum sebagai tempat dudukan penekuk plat.
- b) Menggendorkan baut tempat penekuk plat dengan menggunakan kunci T
- c) Menyiapkan plat stainless dan plat tembaga yang akan ditekuk.
- d) Memasukan plat yang akan ditekuk ketengah – tengah celah antara plat siku dan plat besi yang sebagai penahan untuk nantik plat stainless dan plat tembaga ditekukkan.
- e) Setelah itu lakukan penekukan secara perlahan sampai membentuk sudut 45°.
- f) Setelah itu lepasakan plat yang sudah ditekuk, kembalikan peralatan yang digunakan.

### **3.6 Gambar design Alat Penekuk Plat**

Desain yang lebih baik dari konsep ini sanggup menahan beban pada penekukan untuk secara manual yang dilakukan untuk menekuk plat tembaga dan plat stainless. Pegangan pada alat penekuk plat manual ini dibuat dengan sisa potongan baut 17mm, sedangkan baut untuk menjepit pada plat penekuk adalah baut 12mm yang berfungsi untuk menjepit plat besi sama besi siku. Design alat penekuk plat digambar dengan sesuai dengan ukuran yang akan dibuat pada alat penekuk plat, karena ukuran sangat lah penting saat mendesain suatu pembuatan alat. Pada desain alat penekuk ini kita dapat membuat alat penekuk plat nya yang menggunakan hidrolik tapi membutuhkan tambahan desain lagi, maka digambar lah alat penekuk yang manual. Untuk gambar desain alat penekuk plat secara manual bisa dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.14 Desain Alat Penekuk Plat Secara Manual

Nama bahan yang ada didalam desain alat penekuk plat adalah :

1. Besi siku
2. Baut Penjepit
3. Plat Penahan
4. Mur sebagai Engsel Penekuk
5. Pegangan ( Handle )

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Pembuatan Alat Manufaktur Pada Mesin Kubus Es

- 1) Mesin penekuk plat ini terlebih dahulu sebagai persiapan bahan dan alat yang diperlukan dan akan di buat untuk membuat evaporator. Pada alat ini bisa menekuk plat tembaga yang akan dirakit pada evaporator. gambar dibawah ini.



Gambar 4.1 Penekuk plat pada mesin kubus es

- 2) Mesin pembengkok pipa untuk membengkokkan pipa kapiler yang telah diukur untuk proses pembuatan evaporator, pipa kapiler akan dilas supaya melekat pada bagian plat tembaga. Pipa nantik akan dililit dengan sesuai evaporator yang telah dibuat dengan plat tembaga yang pipa tembaga akan diletakan pada bagian belakang evaporator, pipa tembaga yang dibengkokkan harus sesuai dengan evaporator. Pembengkokkan pipa harus dengan telitti supaya pipa tembaga tidak dapat tersumbat.



Gambar 4.2 pembengkokkan pada pipa tembaga pada evaporator

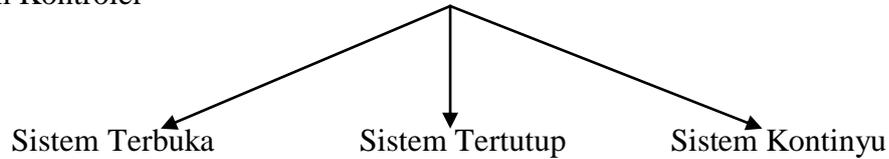
- 3) Gunting untuk memotong atau membentuk plat tembaga yang akan di pakai untuk membuat evaporator, yang nantik setelah dipotong akan di tekuk setiap sudut nya dengan mesin penekuk plat, gunting tembaga ini sangat memerlukan tenaga yang kuat karena dimensi benda yang akan di potong memiliki ketebalan 0,8 mm plat tembaga. Seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 4.3 Gunting Plat Tembaga.

## 4.2 Pembahasan Sistem Kontroler

Sistem Kontroler



### 1. Sistem Kontroler Terbuka

Sistem kendali yang kinerjanya tidak berpengaruh terhadap keluarannya atau umpan balik dari prosesnya. Sistem terbuka menggunakan penggerak untuk mengontrol proses secara langsung. Penggunaan sistem terbuka memiliki keuntungan yaitu sederhana dan lebih mudah digunakan, dan dapat digunakan jika ada hubungan antara keluaran dan masukan dan tidak akan mempengaruhi proses internal dan eksternalnya. Sistem kontroler ini dipakai pada mesin pendingin yaitu thermostat.

### 2. Sistem Kontroler Tertutup

Sistem kendali yang kinerjanya memiliki pengaruh terhadap keluarannya, dan memiliki umpan balik terhadap proses yang berjalan. Dimana nilai dari keluaran akan ikut mempengaruhi pada aksi kontrolnya. Sistem ini digunakan untuk sistem pendinginan, derajat yang didinginkan pada mesin pendingin serta keluarannya berupa udara dingin yang akan mempengaruhi untuk proses pembekuan pada kubus es. Penggunaan sistem tertutup lebih rumit, mahal, dan sulit dalam desain dibandingkan dengan sistem kontroler terbuka, tetapi tingkat kestabilannya yang relatif konstan dan tingkat kesalahannya yang kecil bila terdapat gangguan dari luar. Sistem kontroler ini hanya dipakai pada ac mobil.

### 3. Sistem Pengendalian Kontinyu

Sistem pengendalian kontinyu ialah sistem pengendalian yang berjalan secara kontinyu, pada setiap respon sistem selalu ada. Sinyal yang masuk ke kontroler dan sinyal yang keluar dari kontroler adalah sinyal kontinyu. Sesuatu yang memiliki beberapa sub sistem yang terhubung satu dengan lainnya dan memiliki input dan menghasilkan output yang dikontrol baik menggunakan regulation secara tidak terputus – putus. Sedangkan sistem kontroler kontinyu dipakai pada alat elektronik seperti handphone dan television.

Pada pembahasan tentang sistem kontroler dapat disimpulkan sistem kontroler yang dipakai pada mesin kubus es berukuran kecil ialah sistem kontroler terbuka. thermostat pada mesin pembuat kubus es berukuran kecil ialah sebagai sistem kontroler untuk menurunkan cairan dan tekanan – tekanan evaporator dalam batas – batas yang telah ditentukan dengan mengalirkan cairan bahan pendingin dalam jumlah yang tertentu ke dalam evaporator.

Bahan pendingin adalah suatu zat yang mudah dirubah bentuknya dari gas menjadi cair atau sebaliknya, dipakai untuk mengambil panas dari evaporator dan membuangnya di kondensor, bahan pendingin yang digunakan untuk mesin pembuat kubus es.

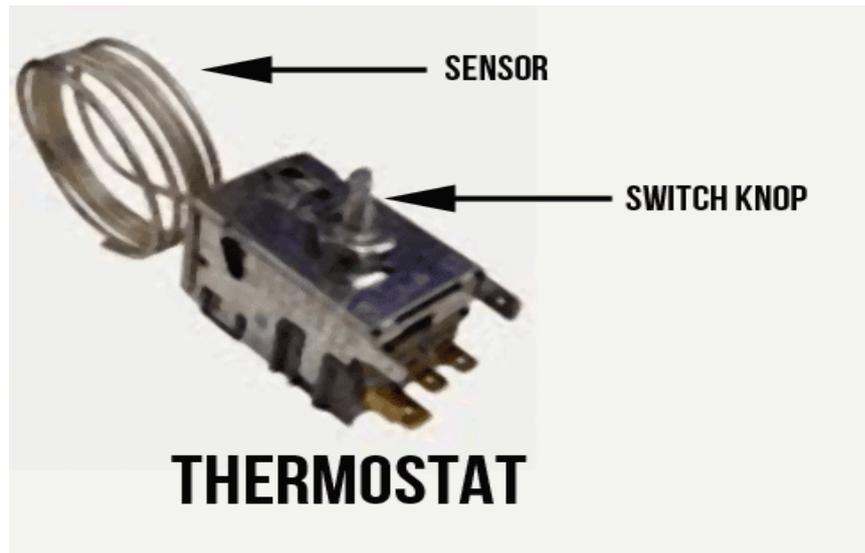
berukuran kecil adalah refrigerant – 404 ( R – 404 ). Thermostat berfungsi sebagai pengatur temperatur suhu pada mesin pendingin. Thermostat dapat juga bekerja secara otomatis yang mengatur kapan mesin bekerja dan kapan mesin akan mati ( stundby ). Semua jenis pendingin menggunakan thermostat untuk mengatur suhu atau temperatur.



Gambar 4.4 Thermostat pada mesin kubus es berukuran kecil

#### **4.3 Cara Kerja Sistem Kontroler Terbuka Pada Thermostat**

Thermostat memanfaatkan sensor yang didalamnya terdapat gas yang bisa berubah apabila di dinginkan. Jika sensor berada pada lingkungan yang bersuhu rendah, maka gas yang ada didalam akan menurun tekanannya. Perubahan tersebut yang menyebabkan kontak switch yaitu dari status keadaan tertutup menjadi terbuka, semakin turun suhu yang mengenai sensor, maka semakin turun nilai tekanan gas didalamnya. Untuk memberi batasan pada tekanan kontak switch akan berubah, thermostat menggunakan sebuah knop. Dalam hal ini, perubahan kontak thermostat dapat disetting sesuai dengan keperluan kita. Biasanya pada knop terdapat angka 1,2,3,4,5, semakin tinggi angkanya maka semakin rendah temperature yang dibutuhkan. Setiap sistem kontroler memiliki sistem kerja yang berbeda pada bagian sistem kontrolernya.



Gambar 4.5 Bagian Pada Thermostat

1. Sensor berfungsi untuk mendeteksi adanya perubahan lingkungan atau temperatur yang keluar dari mesin pendingin. Sensor dimasukan kedalam evaporator yang telah dibuat untuk mengetahui suhu didalam evaporator.
2. Switch knop berfungsi untuk mengetahui seberapa tingginya temperatur pada mesin pendingin kubus es berukuran kecil, karena semakin tinggi angka pada switch knop semakin rendah suhu pada mesin pendingin.

Kesimpulan dari thermostat yaitu thermostat dapat digunakan sebagai otomatis untuk mengatur suhu ( temperatur ). Suhu yang dihasilkan dapat disetting dengan cara merubah angka pada thermostat dengan memutar knop, karena semakin tinggi suatu keadaan didalam pendingin, maka angka pada knop maka mesin kubus es semakin dingin. Dan angka yang ada pada knop thermostat bukan angka yang menunjukkan derajat celcius suhu pada mesin kubus es berukuran kecil.

#### **4.4 Hasil Pembuatan Mesin Kubus Es Berukuran Kecil**

Untuk membuat mesin kubus es berukuran kecil ini memerlukan waktu kurang lebih 2 bulan, dalam proses pembuatan mesin kubus es ini menggunakan kondensor dan kompresor, dan untuk mengatur proses bekerja sistem pendingin pada evaporator melalui pipa kapiler. Adapun hasil dari pembuatan mesin kubus es berukuran kecil ini dapat di lihat pada gambar di bawah.



Gambar 4.6 Hasil Pembuatan Mesin Kubus Es Berukuran Kecil.

#### 4.5 Menghitung Gaya Untuk Menekuk Plat

Untuk mengetahui gaya penekuk plat di perlukan beberapa spesifikasi yang telah dapat dari lapangan:

Plat Stainless : 1 mm kekuatan bahan : 550 Mpa di dapat dari ( tables of technical properties ).

Plat Tembaga : 0,90 mm kekuatan bahan : 220 Mpa di dapat dari tabel 6.5 dari( tables of technical properties ).

Baut 17 mm : kekuatan baut : 800,0 N/mm<sup>2</sup> di dapat dari ( tables properties of grade 8.8 bolt and nut ( ISO ).

Maka dari data di atas dapat di hitung dngan menggunakan rumus:

$$F = \sigma \cdot A$$

Gaya tekuk pada plat stainless:

$$F = 55000000 \text{ N/m}^2 \cdot 5,61 \text{ m}$$

$$= 308550000 \text{ N}$$

Gaya tekuk pada plat tembaga:

$$F = 22000000 \text{ N/m}^2 \cdot 1,36 \text{ m}$$

$$= 29920000 \text{ N}$$

#### **4.6 Menghitung kekuatan Bahan dan Baut**

Untuk mencari kekuatan bahan dapat di hitung dengan menggunakan rumus:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Kekuatan pada plat stainless:

$$\sigma = \frac{308550000 \text{ N}}{5,61 \text{ m}}$$

$$= 55000000 \text{ N/m}^2$$

Kekuatan pada plat tembaga:

$$\sigma = \frac{29920000 \text{ N}}{1,36 \text{ m}}$$

$$= 22000000 \text{ N/m}^2$$

Mencari luas penampang pada baut:

$$\begin{aligned} A &= \pi \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot d\right)^2 \\ &= 3,14 \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot 1,5\right)^2 \\ &= 3,14 \cdot (0,75)^2 \\ &= 1,76625 \text{ m} \end{aligned}$$

Kekuatan pada baut:

$$\sigma = \frac{800 \text{ N}}{1,76625 \text{ m}}$$

$$= 452,9371 \text{ N/m}^2$$

Untuk mencari torsi pada mesin pnekuk dapat dihitung dengan rumus:

$$T = F \cdot R$$

Torsi pada plat stainless:

$$\begin{aligned} T &= 308550000 \text{ N} \cdot \frac{22}{7} \\ &= 9697,28571 \text{ N/m} \end{aligned}$$

Torsi pada plat tembaga:

$$\begin{aligned} T &= 29920000 \text{ N} \cdot \frac{22}{7} \\ &= 9403,4285 \text{ N/m} \end{aligned}$$

#### 4.7 Biaya Pembuatan Alat Penekuk Plat dan Sistem Kontroler

Adapun biaya pembuatan alat penekuk plat pada mesin kubus es berukuran kecil ini berinstrumentasi untuk industri kecil yang bisa dijangkau oleh masyarakat yang ingin membuat usaha sendiri dan bisa dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Tabel 4.1 Biaya Pembuatan Alat Penekuk Plat dan Sistem Kontroler

No	Jumlah Dan Jenis Material	Jumlah Harga( Rp )
1	Plat Besi Tebal 3 mm	45.000
2	Alat Pemotong Pipa	30.000
3	Baut 12 mm	20.000
4	Mur 10mm	10.000
5	Baut 10mm	10.000
6	Besi siku Tebal 3mm	60.000
7	Biaya Pengelasan	50.000
8	Cat	30.000
9	Thermostat	50.000
	<b>Jumlah</b>	<b>305.000</b>

Dari tabel 4.1 dapat di simpulkan bahwa pembuatan alat manufaktur dan sistem kontroler pada mesin kubus es berukuran kecil berinstrumentasi memerlukan biaya sebesar Rp 305.000 Untuk proses pembuatannya kurang lebih 2minggu dari pembelian material hingga pengujian alat. Alat penekuk plat ini dapat mudah dibeli karena harga alat penekuk plat terjangkau oleh kebutuhan industri kecil dan penulis dapat menjual alat penekuk sebesar Rp 350.000. Jika mesin kubus es berukuran kecil yang telah dibuat dijual seharga Rp 10.000.000 sehingga mudah melakukan penjualan.

Dalam pembuatan mesin kubus es berukuran kecil memerlukan alat manufaktur untuk proses pembuatannya, dalam melakukan proses pembuatan mesin kubus es berukuran kecil memerlukan waktu pembuatan selama 6 bulan dari pembelian bahan sehingga perakitan mesin kubus.

#### 4.7. Spesifikasi Mesin Alat Penekuk Plat Secara Manual



Gambar 4.7 Alat Penekuk Plat Manual

Tabel 4.2 Spesifikasi Alat Penekuk Plat

MODEL	SATUAN	UKURAN	TYPE
Bahan			
Besi Siku	mm	3	Besi
Besi Plat	mm	3	Besi
Ragum	-	-	-
Baut 14	mm	17	-
Mur 14	mm	17	-
Jumlah Besi Siku	buah	2	-
Jumlah Besi Plat	buah	1	-
Baut 10	mm	12	-
Mur 10	mm	12	-

Dari tabel 4.2 dapat disimpulkan bahwa spesifikasi alat penekuk plat secara manual dapat dipergunakan hanya untuk skala kecil untuk di bidang industri,

dalam pembuatan mesin kubus es berukuran kecil. Dalam penekukan plat yang dilakukan dengan secara manual menggunakan tangan.

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Pada pembuatan alat manufaktur dan sistem controler pada mesin kubus es berukuran kecil ini dapat beberapa kesimpulan yaitu:

- a) Bahwa alat yang telah dibuat dapat dipergunakan untuk pembuatan mesin kubus es berukuran kecil dan berkerja dengan maksimal seperti di tunjukan pada hasil pengujian.
- b) Pada pembuatan mesin kubus es berukuran kecil menggunakan alat penekuk, alat pemotong pipa kapiler, gerinda, pembengkok pipa, dan alat manufaktur lainnya.
- c) Ketebalan plat tembaga sangat berpengaruh pada proses pendinginan.

#### **5.2 Saran**

Adapun beberapa saran yang perlu di sampaikan oleh penulis ialah:

- a) Pada saat melakukan percobaan harus lebih teliti dan berhati – hati agar mendapatkan data yang baik dan sebaiknya sebelum melakukan percobaan harus terlebih dahulu memeriksa alat mesin kubus es biar hasil data yang didapat dalam pengujian akurat dan benar.
- b) Pada riset berikutnya penulis menyarankan mesin pembuat kubus es berukuran kecil ini di kembangkan lagi sesuai dengan perkembangan teknologi yang ada.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amstead, B.H. (1997) *Teknologi Mekanik*, Jakarta : Erlangga
- Andreasen, M.M., S. Kahler, and T. Lund. (1983) *Design for Assembly Springer*. Jakarta : Erlangga.
- Giesecke, Frederick E., *et al.* (2001) *Gambar Teknik*. Jakarta: Erlangga.
- Hadi Sutanto. (2014) Sistem Kontrol. <http://fexel.blogspot.com/06/sistem-kontrol-loop-terbuka-dan-tertutup.html>.
- John A.Schey (2009) *Proses Manufaktur*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Riandi. (2017) Perancangan Dan Pembuatan Mesin Cetak Injeksi Berinstrumentasi Untuk Industri Kecil. *Teknik mesin*, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Vol.19(6), hal. 45.
- Rudi Ardian. (2013) Mesin Penekuk Plat. <http://mesinfabrikasi.blogspot.co.id/04/mesin-bending-roll-roll-plat-gulung-plat.html>.
- Surdia, T., Saito, S. (1999) *Pengetahuan Bahan Teknik*, Cetakan Ke-4, PT. Jakarta.: Pradnya Paramita.
- TA. Wibowo. (2014) Perancangan Dan Analisis Kekuatan Kontruksi Mesin Tekuk Plat Hidrolik. *Mekanika*. Vol. 12(66).<http://www.jurnal.ft.uns.ac.id>, diakses 2 Maret 2014.
- Teguh Praludi. (2009) Pengendalian Kecepatan Motor Induksi 3 Phase, Pada Aplikasi Industri Plastik INKOM, VOL.3(6).

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama : Ahmad Fauzan Lubis  
NPM : 1307230043  
Tempat/ Tanggal Lahir : Binjai, 3 november 1994  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Agama : Islam  
Status : Belum Menikah  
Alamat : Jalan Jambi Gg Jambi 3 No.6  
    Kel/Desa : Rambung Barat  
    Kecamatan : Binjai Selatan  
    Kabupaten : -  
    Provinsi : Sumatra Utara  
Nomor HP : 0821 8778 2360  
Nama Orang Tua  
    Ayah : Zainil Amri Lubis  
    Ibu : Siti Azizah

### PENDIDIKAN FORMAL

2000-2006 : SD Negri No. 023893 Rambung Barat  
2006-2009 : SMP Negri 12 Binjai  
2009-2012 : SMK Putra Anda Binjai  
2013-2017 : Mengikuti Pendidikan S1 Program Studi Teknik Mesin Fakultas  
Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara