

## **TUGAS AKHIR**

### **ANALISA GAYA TEKAN MESIN PEMBENTUKAN LOGAM PADA PEMBUATAN TUTUP MANGKOK DENGAN BAHAN ALUMINIUM MENGUNAKAN INSTRUMEN *LOAD CELL***

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun Oleh:**

**HABIBULLAH MANULLANG**

**1307230082**



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2020**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Habibullah Manullang  
Npm : 1307230082  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Skripsi : Analisa Gaya Tekan Mesin Pembentukan Logam Pada  
Pembuatan Tutup Mangkok Dengan Bahan Aluminium  
Menggunakan Instrumen *Load Cell*  
Bidang ilmu : Konstruksi Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 26 Februari 2020

Mengetahui Dan Menyetujui:

Dosen Penguji I



M. Yani, S.T., M.T

Dosen Penguji II



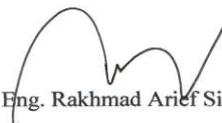
Chandra A Siregar, S.T., M.T

Dosen Penguji III



Khairul Umurani, S.T., M.T

Dosen Penguji IV



Dr. Eng. Rakhmad Arief Siregar

Program Studi Teknik Mesin

Ketua,



Affandi, S.T., M.T

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Habibullah Manullang  
Tempat/Tanggal Lahir : Pandan/12 Februari 1995  
NPM : 1307230082  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

**“Analisa Gaya Tekan Mesin Pembentukan Logam Pada Pembuatan Tutup Mangkok Dengan Bahan Aluminium Menggunakan Instrumen Load Cell”,**

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 26 Februari 2020

Saya Yang Menyatakan,



  
Habibullah Manullang

## ABSTRAK

Pada proses manufaktur memiliki macam-macam proses diantaranya proses gaya tekan. Gaya tekan adalah gaya yang di berikan oleh bidang pada benda yang arah gaya tekan normal tegak lurus terhadap bidang. *Metal forming* adalah proses pembentukan logam dengan menggunakan gaya tekan untuk mengubah bentuk dan ukuran dari logam yang di kerjakan agar sesuai dengan benda kerja yang di inginkan (pembentukan logam) di bagi menjadi beberapa jenis, salah satunya *deep drawing*. *Deep Drawing* merupakan proses pengerjaan logam yang di gunakan untuk membentuk lembaran atau plat menjadi suatu produk pembentukanya dengan melakukan penekanan terhadap bagian dari bakalan (*blank*) dengan sebuah penekan (*punch*) kedalam rongga cetakan (*die*) sampai terjadi aliran material masuk kedalam cetakan. Adapun penelitian ini bertujuan untuk menganalisa gaya tekan yang terjadi. Adapun cara penelitian ini menggunakan *deep drawing*, serta menggunakan software arduino dengan sensor *load cell* sehingga dapat menganalisa karakteristik dari aluminium dengan variasi ketebalan 0,5 mm dan 0,6 mm. Berdasarkan hasil tersebut maka dapat disimpulkan bahwa perubahan pada ketebalan dinding tutup mangkok yang diakibatkan tekanan dan cetakan memiliki celah yang semakin berbeda akibat ketebalan spesimen yang besar. Pada cetakan *punch* dan *die* semakin tebal spesimen maka celah cetakan akan mengecil serta tekanan yang di berikan terhadap spesimen akan semakin besaar dan sebaliknya pula.

***Kata kunci : Gaya Tekan, Tekanan, Mesin Deep Drawing***

## **ABSTRACT**

*In the manufacturing process has a variety of processes including the compressive force process. Compressive force is the force applied by a plane to an object whose normal compressive force is perpendicular to the plane. Metal forming is the process of forming metal by using compressive forces to change the shape and size of the metal that is done to fit the desired workpiece (metal forming) divided into several types, one of which is deep drawing. Deep Drawing is a metal working process that is used to form sheets or plates into a product of its formation by pressing the part of the blank (blank) with a punch (punch) into the mold cavity (die) until there is a flow of material into the mold. The research aims to analyze the compressive forces that occur. The method of this research uses deep drawing, and using Arduino software with load cell sensor so that it can analyze the characteristics of aluminum with a thickness variation of 0.5 mm and 0.6 mm. Based on these results it can be concluded that changes in the thickness of the bowl lid wall due to pressure and mold have increasingly different gaps due to the thickness of the large specimen. In the punch and die mold the thicker the specimen the mold gap will decrease and the pressure applied to the specimen will be greater and vice versa.*

**Keywords :** *Compressive Force, Pressure, Deep Drawing Machine*

## KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisa Gaya Tekan Mesin Pembentukan Logam Pada Pembuatan Tutup Mangkok Dengan Bahan Aluminium Menggunakan Instrumen *Load Cell* ” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Dr. Rakhmad Arief Siregar, S.T.,M.Eng, selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Khairul Umurani, S.T.,M.T, selaku Dosen Pimbimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak M.Yani, S.T.,M.T, selaku Dosen Pembanding I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas akhir ini.
4. Bapak Candra A Siregar, S.T,M.T, selaku Dosen pembanding II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas akhir ini.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar S.T.,M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Affandi,S.T.,M.T sebagai Ketua Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu Teknik Mesin kepada penulis.

8. Orang tua penulis: Abdul Azis Simanullang dan Nurhayani Nazara, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
9. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Sahabat-sahabat penulis: Salsabila Ummu Ilyas, Maryam Ummu Siddiq, Sufyan Abu Ilyas, Bayu Kurniawan, Abde dhoni, Fauzi Rahmad, Ibnu, Khairuddin, Syamsuddin, Fadel Azhari, Yusdiana Sari, dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi duniakonstruksi teknik Mesin.

Medan, 26 Februari 2020

Habibullah Manullang

**DAFTAR ISI**

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b>	<b>xi</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	2
1.3. Ruang lingkup	2
1.4. Tujuan	2
1.5. Manfaat	3
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>4</b>
2.1. <i>Sheet Metal Forming</i>	4
2.1.1. Pengertian <i>Deep Drawing</i>	4
2.1.2. Proses <i>Deep Drawing</i>	5
2.1.3. Komponen Utama <i>Die Set</i>	7
2.1.4. Klasifikasi <i>Deep Drawing</i>	9
2.1.5. Variabel Proses <i>Deep Drawing</i>	10
2.2. Teori Elastisitas Dan Plastisitas	13
2.3. Tegangan	14
2.4. Aluminium	15
2.4.1. Klasifikasi Aluminium	16
2.4.2. Sifat-sifat Aluminium	16
2.4.3. Ciri-ciri Aluminium	18
2.4.4. Paduan Aluminium	18
2.5. Gaya	19
2.5.1. Macam-Macam Gaya	20
2.5.2. Gaya Membuat Benda Bergerak	22
2.5.3. Faktor Yang Mempengaruhi Berbagai Gerak Benda	23
2.5.4. Pengaruh Gaya Terhadap Bentuk Benda	26
2.6. Tekanan	27
2.6.1. Tekanan pada Benda Padat	27
2.7. Sensor berat ( <i>Load Cell</i> )	28
<b>BAB 3 METODOLOGI</b>	<b>30</b>
3.1 Tempat dan Waktu	30
3.1.1 Tempat	30

3.1.2	Waktu	30
3.2	Alat dan Bahan	30
3.2.1	Mesin <i>Deep Drawing</i>	30
3.2.2	<i>Load Cell</i>	31
3.2.3	Jangka Sorong	32
3.2.4	Arduino UNO	33
3.2.5	LCD	33
3.2.6	<i>Pressure Gauge</i>	34
3.2.7	Gunting Plat	34
3.2.8	Bahan Aluminium	35
3.3	Diagram Penelitian	36
3.4	Prosedur Pengujian	37
3.5	Langkah Kerja Uji Tekan	38
3.6	Set Up Alat	39
<b>BAB 4</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>40</b>
4.1	Data Hasil Penelitian	40
4.1.1	Data pengujian tekan pada spesimen aluminium dengan ketebalan 0,5 mm	40
4.1.2	Data pengujian tekan pada spesimen aluminium dengan ketebalan 0,6 mm	40
4.2	Pengkalibrasian Dan Pengujian Kekuatan Tekanan	41
<b>BAB 5</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>45</b>
5.1.	Kesimpulan	45
5.2.	Saran	45
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		
<b>LAMPIRAN</b>		
<b>LEMBAR ASISTENSI</b>		
<b>SURAT KETENTUAN PEMBIMBING</b>		
<b>BERITA ACARA</b>		
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b>		

## DAFTAR TABLE

Tabel 2.1	Sifat-sifat fisik aluminium	17
Tabel 2.2	Sifat sifat mekanik alumunium	17
Tabel 2.3	Spesifikasi <i>Load Cell</i>	29
Tabel 3.1	Jadwal waktu pembuatan dan penelitian.	30
Tabel 4.1	Data hasil pengujian spesimen aluminium dengan ketebalan 0,5 mm dan 0,6 mm	40
Tabel 4.2	Perbandingan berat beban pada timbangan pada timbangan digital dengan <i>load cell</i>	43

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Blank dan draw piece</i>	5
Gambar 2.2	Proses <i>deep drawing</i>	6
Gambar 2.3	Beberapa macam bentuk <i>draw piece</i>	8
Gambar 2.4	Bagian Utama <i>Die Drawing</i>	9
Gambar 2.5	Aluminium ( <i>ingot</i> )	16
Gambar 3.1	Mesin Deep Drawing	31
Gambar 3.2	<i>Load Cell</i>	32
Gambar 3.3	Jangka Sorong	32
Gambar 3.4	Arduino UNO	33
Gambar 3.5	LCD	33
Gambar 3.6	<i>Pressure Gauge</i>	34
Gambar 3.7	Gunting Plat	34
Gambar 3.8	Spesimen sebelum di gunting	35
Gambar 3.9	Spesimen 1 setelah digunting	35
Gambar 3.10	Spesimen 2 setelah digunting	35
Gambar 3.11	Diagram Alir Penelitian	36
Gambar 3.12	Spesimen Uji Tekan	37
Gambar 3.13	Letak Spesimen Pada Cetakan	37
Gambar 3.14	Set Up Alat	39
Gambar 4.1	Gambar hasil pengujian spesimen 1 dengan ketebalan 0,5 mm	41
Gambar 4.2	Gambar hasil pengujian spesimen 1 dengan ketebalan 0,6 mm	41
Gambar 4.3	Kalibrasi Menggunakan Timbangan Analog	42
Gambar 4.4	Pengkalibrasian <i>Load Cell</i>	44

## DAFTAR NOTASI

No	Simbol	Besaran	Satuan
1	$\sigma$	Tegangan	Pa
2	$F$	Gaya Tekan	N
3	$A$	Luas Penampang	$m^2$
4	$w$	Berat Benda	N
5	$m$	Massa Benda	kg
6	$g$	Percepatan Gravitasi	$m/s^2$
7	$P$	Tekanan	N
8	$D_0$	Diameter Awal	mm
9	$D_p$	Diameter Akhir	mm
10	$t_0$	Tebal Spesimen	mm

**BAB 1**  
**PENDAHULUAN**

## 1.1 Latar Belakang

Dalam dunia industri proses pengembangan produk merupakan sebuah mata rantai yang penting untuk mempertahankan eksistensi dan kelangsungan hidup perusahaan. Peningkatan kualitas produk dapat di capai melalui desain yang mempertimbangkan fungsi yg di butuhkan dan dapat di sesuaikan dengan aspek aspek manufaktur, kualitas tersebut salah satunya adalah akurasi dan kepresisian yang tinggi suatu produk atau part dibutuhkan dalam dunia industri.

Pada proses manufaktur memiliki macam-macam proses diantaranya proses gaya tekan. Gaya tekan adalah gaya yang di berikan oleh bidang pada benda yang arah gaya tekan normal tegak lurus terhadap bidang. Metal forming adalah proses pembentukan logam dengan menggunakan gaya tekan untuk mengubah bentuk dan ukuran dari logam yang di kerjakan agar sesuai dengan benda kerja yang di inginkan (pembentukan logam) di bagi menjadi beberapa jenis, salah satunya *deep drawing*.

*Deep Drawing* merupakan proses pengerjaan logam yang di gunakan untuk membentuk lembaran atau plat menjadi suatu produk pembentukannya dengan melakukan penekanan terhadap bagian dari bakalan (*blank*) dengan sebuah penekan (*punch*) kedalam rongga cetakan (*die*) sampai terjadi aliran material masuk kedalam cetakan. Pada proses *deep drawing* bagian *flange* akan mengalami pengecilan diameter hal ini disebabkan oleh aadanya tegangan tarik dalam arah radial selain itu juga adanya tegangan tekan dalam tangsial. Tegangan tangsial ini dapat menimbulkan *buckling* pada *flange* bila ini terjadi maka akan terbentuk keriput (*wrinkling*)

Berdasarkan uraian di atas maka penulis ingin melakukan penelitian tentang analisa gaya tekan pada mesin penekan pembentukan logam pada tutung mangkok dengan bahan aluminium menggunakan instrument *load cell*.

## 1.2 Rumusan Masalah

Sehubungan dengan latar belakang di atas maka penulis merumuskan masalah yaitu menganalisa gaya tekan yang terjadi pada pembuatan tutup mangkok dengan bahan aluminium ketebalan 0,5 mm dan 0,6 mm..

### 1.3 Ruang Lingkup

Untuk menghindari meluasnya permasalahan maka dilakukan pembatasan masalah pada penelitian ini. Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Mencari gaya tekan yang efektif pada proses pembentukan logam dengan menggunakan aluminium ketebalan 0,5 mm dan 0,6 mm
2. Mengetahui gaya tekan yang terjadi pada proses pembentukan tutup mangkok dengan menggunakan mesin pembentuk logam instrumen *load cell*

### 1.4 Tujuan penelitian

Adapun tujuan penulisan ini adalah untuk mengetahui dan mempelajari analisa gaya tekan pada mesin penekan pembentukan logam pada pembuatan tutup mangkok dengan bahan aluminium menggunakan instrumen *load cell* :

#### 1. Tujuan Umum

Secara umum penelitian ini bertujuan untuk menganalisa gaya tekan yang terjadi pada proses pembuatan tutup mangkok menggunakan mesin pembentukan logam dan instrumen *load cell*

#### 2. Tujuan Khusus

Adapun tujuan khusus pada penelitian ini adalah :

1. Untuk menganalisa gaya tekan pada pembuatan tutup mangkok menggunakan mesin penekan pembentukan logam dan instrumen *load cell*
2. Mengevaluasi hasil gaya tekan pada pembuatan tutup mangkok dengan menggunakan mesin penekan pembentukan logam dan instrumen *load cell*

### 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang di peroleh dari penelitian analisa gaya tekan ini adalah :

1. Mampu memberikan kontribusi terhadap dan pengembangan gaya tekan pada mesin pembentukan logam
2. Manfaat bagi mahasiswa adalah sebagai referensi untuk membuat tugas yang berhubungan dengan gaya tekan yang terjadi pada mesin pembentukan logam
3. Dalam ilmu pengetahuan dapat di jadikan perencanaan ini sebagai tambahan informasi gaya tekan yang terjadi pada mesin pembentukan logam

## TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 *Sheet Metal Forming*

*Sheet metal forming* adalah proses perubahan bentuk lembaran logam menjadi bentuk yang sesuai dengan kita inginkan tanpa terjadinya patahan. Jenis – jenis dari sheet metal forming antara lain :

1. *Bending*
2. *Deep Drawing*
3. *Stretching*
4. *Plane - Strain Stretching*

*Bending* merupakan metode pembentukan untuk logam lembaran. Biasanya dilakukan pada mesin tekuk (*bend press*) tetapi juga digunakan *swing-bending-machines*.

*Deep drawing* atau biasa disebut *drawing* adalah proses perubahan bentuk logam dari bahan lembaran yang berbentuk lingkaran dengan diameter tertentu yang ditekan pada sebuah cetakan yang juga berbentuk lingkaran dengan kedalaman tertentu.

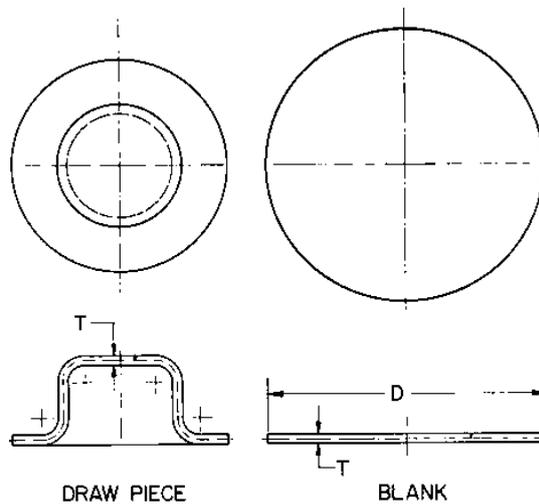
*Stretching* merupakan proses pembentukan logam dimana tidak terjadi aliran material. *Die (form block)* hanya dikenai tegangan kompresi, benda kerja yang diikat dengan grip dan ditarik ke arah horizontal. *Die* umumnya terbuat atau dapat dibuat dari kayu atau plastik.

*Stretch forming* merupakan proses yang dikembangkan dari *aerospace* dalam pembuatan penampang yang lebar dari sheet dan ditarik untuk membentuk lengkungan penampang.

#### 2.1.1 Pengertian *Deep Drawing*

*Deep Drawing* atau biasa disebut *drawing* adalah salah satu jenis proses pembentukan logam, dimana bentuk pada umumnya berupa silinder dan selalu mempunyai kedalaman tertentu, sedangkan definisi menurut P.CO Sharma seorang professor *production technology drawing* adalah Proses *drawing* adalah proses pembentukan logam dari lembaran logam ke dalam bentuk tabung (*hollow shape*) (P.C. Sharma 2001)

*Deep drawing* dan *drawing* pada intinya merupakan satu jenis proses produksi namun terdapat beberapa ahli yang membedakan dengan indeks ketinggian, proses *deep drawing* mempunyai indeks ketinggian yang lebih besar dibandingkan dengan *drawing*. Bahan dasar dari proses *deep drawing* adalah lembaran logam (*sheet metal*) yang disebut dengan *blank*, sedangkan produk dari hasil proses *deep drawing* disebut dengan *draw piece*, (gambar 2.1)



Gambar 2.1 *Blank dan draw piece*

### 2.1.2 Proses *Deep Drawing*

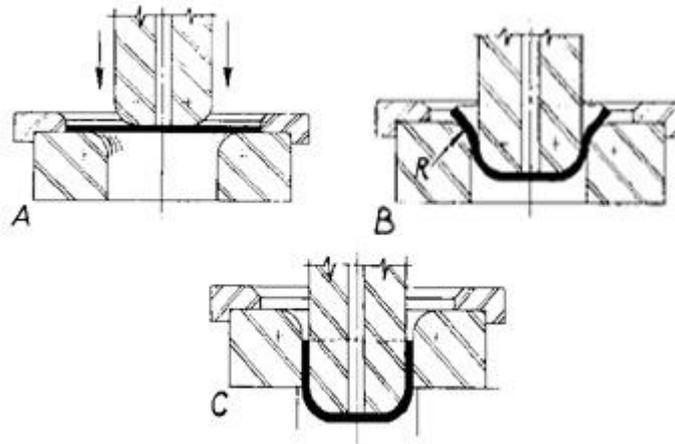
Proses *deep drawing* dilakukan dengan menekan material benda kerja yang berupa lembaran logam yang disebut dengan *blank* sehingga terjadi peregangan mengikuti bentuk *dies*, bentuk akhir ditentukan oleh *punch* sebagai penekan dan *die* sebagai penahan benda kerja saat di tekan oleh *punch*. pengertian dari *sheet metal* adalah lembaran logam dengan ketebalan maksimal 6 mm, lembaran logam (*sheet metal*) di pasaran dijual dalam bentuk lembaran dan gulungan.

Terdapat berbagai tipe dari lembaran logam yang digunakan, pemilihan dari jenis lembaran tersebut tergantung dari :

- *Strain rate* yang diperlukan
- Benda yang akan dibuat
- Material yang diinginkan
- Ketebalan benda yang akan dibuat

- Kedalaman benda

Pada umumnya berbagai jenis material logam dalam bentuk lembaran dapat digunakan untuk proses *deep drawing* seperti stainless steel, aluminium, tembaga, perak, emas, baja. Maupun titanium. Gambaran lengkap proses drawing dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Proses *deep drawing*

Berikut adalah macam-macam proses yang terjadi pada proses *deep drawing* :

a) Kontak Awal

Pada gambar 2.2.A, *punch* bergerak dari atas kebawah, *blank* dipegang oleh *blank holder* agar tidak bergeser ke samping, kontak awal terjadi ketika bagian-bagian dari *die set* saling menyentuh lembaran logam (*blank*) saat kontak awal terjadi belum terjadi gaya-gaya dan gesekan dalam proses *drawing*.

b) *Bending*

Selanjutnya lembaran logam mengalami proses bending seperti pada gambar 2.2.B, *punch* terus menekan kebawah sehingga posisi *punch* lebih dalam melebihi jari-jari (R) dari *die*, sedangkan posisi *die* tetap tidak bergerak ataupun berpindah tempat, kombinasi gaya tekan dari *punch* dan gaya penahan dari *die* menyebabkan material mengalami peregangan sepanjang jari-jari *die*, sedangkan daerah terluar dari *blank* mengalami kompresi arah radial. *Bending* merupakan proses pertama yang terjadi pada rangkaian pembentukan proses

*deep drawing*, keberhasilan proses bending ditentukan oleh aliran material saat proses terjadi.

c) *Straightening*

Saat *punch* sudah melewati radius *die*, gerakan *punch* ke bawah akan menghasilkan pelurusan sepanjang dinding *die* (gambar 2.2.C), lembaran logam akan mengalami peregangan sepanjang dinding *die*. Dari proses pelurusan sepanjang dinding *die* diharapkan mampu menghasilkan bentuk silinder sesuai dengan bentuk *die* dan *punch*.

d) *Compression*

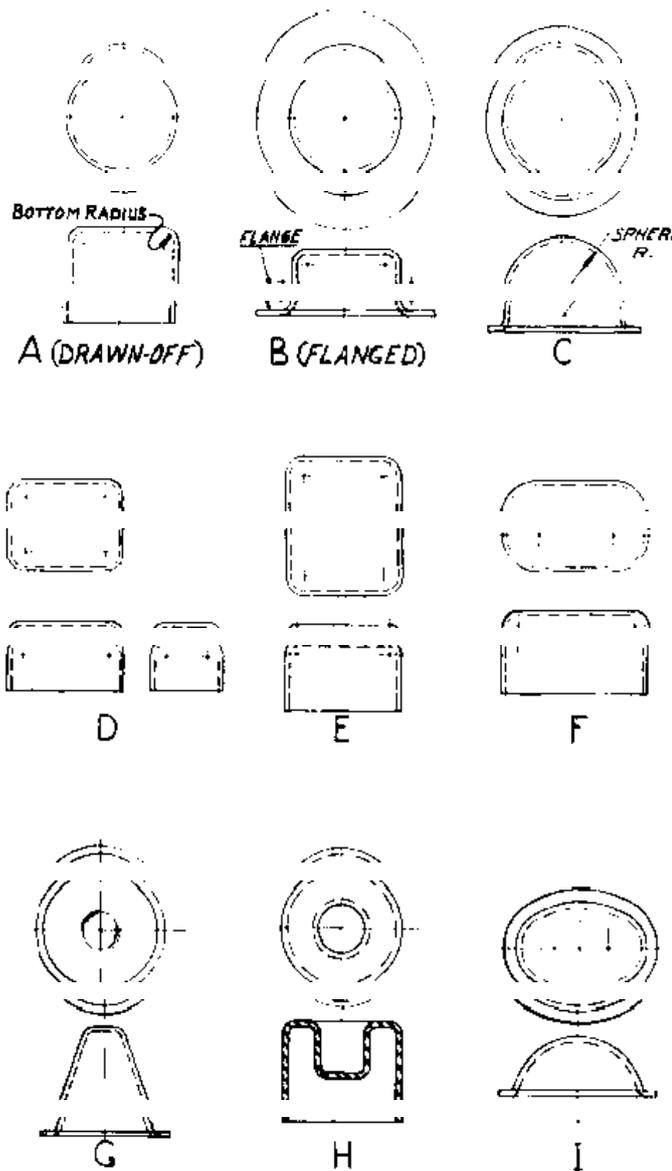
Proses *compression* terjadi ketika *punch* bergerak kebawah, akibatnya *blank* tertarik untuk mengikuti gerakan dari *punch*, daerah *blank* yang masih berada pada *blank holder* akan mengalami *compression* arah radial mengikuti bentuk dari *die*.

e) *Tension*

Tegangan tarik terbesar terjadi pada bagian bawah *cup* produk hasil *deep drawing*, bagian ini adalah bagian yang paling mudah mengalami cacat sobek (*tore*), pembentukan bagian bawah *cup* merupakan proses terakhir pada proses *deep drawing*.

### 2.1.3 Komponen utama *die set*

Proses *deep drawing* mempunyai karakteristik khusus dibandingkan dengan proses pembentukan logam lain, yaitu pada umumnya produk yang dihasilkan memiliki bentuk tabung yang mempunyai ketinggian tertentu, sehingga *die* yang digunakan juga mempunyai bentuk khusus, proses pembentukan berarti adalah proses *non cutting* logam. Produk yang dihasilkan dari *deep drawing* bervariasi tergantung dari desain *die* dan *punch*, gambar 2.3. menunjukkan beberapa jenis produk (*draw piece*) hasil *deep drawing*.



Gambar 2.3 Beberapa macam bentuk *draw piece*

Dalam satu unit *die set* terdapat komponen utama yaitu :

a) *Punch*

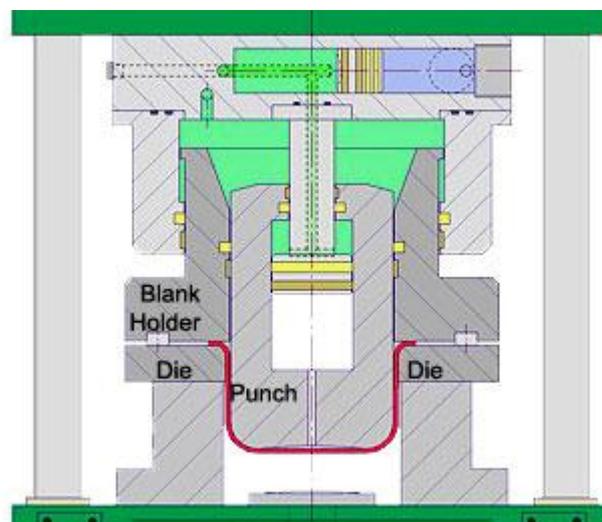
*Punch* merupakan bagian yang bergerak ke bawah untuk meneruskan gaya dari sumber tenaga sehingga *blank* tertekan ke bawah, bentuk *punch* disesuaikan dengan bentuk akhir yang diinginkan dari proses *drawing*, letak *punch* pada gambar 2.4. berada di atas *blank*, posisi dari *punch* sebenarnya tidak selalu diatas tergantung dari jenis *die drawing* yang digunakan.

b) *Blankholder*

Berfungsi memegang *blank* atau benda kerja berupa lembaran logam, pada gambar diatas *blankholder* berada diatas benda kerja, walaupun berfungsi untuk memegang benda kerja, benda kerja harus tetap dapat bergerak saat proses *drawing* dilakukan sebab saat proses *drawing* berlangsung benda kerja yang dijepit oleh *blankholder* akan bergerak ke arah pusat sesuai dengan bentuk dari *die drawing*. Sebagian jenis *blankholder* diganti dengan *nest* yang mempunyai fungsi hampir sama, bentuk *nest* berupa lingkaran yang terdapat lubang didalamnya, lubang tersebut sebagai tempat peletakan dari benda kerja agar tidak bergeser ke samping.

c) *Die*

Merupakan komponen utama yang berperan dalam menentukan bentuk akhir dari benda kerja *drawing* (*drawpiece*), bentuk dan ukuran *die* bervariasi sesuai dengan bentuk akhir yang diinginkan, konstruksi *die* harus mampu menahan gerakan, gaya geser serta gaya *punch*. Pada *die* terdapat radius tertentu yang berfungsi mempermudah reduksi benda saat proses berlangsung, lebih jauh lagi dengan adanya jari-jari diharapkan tidak terjadi sobek pada material yang akan di *drawing*. Sedangkan komponen lainnya merupakan komponen tambahan tergantung dari jenis *die* yang dipakai. Bentuk dan posisi dari komponen utama tersebut dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Bagian Utama *Die Drawing*

2.1.4 Klasifikasi *Deep Drawing*

Dalam proses pembentukan logam *deep drawing*, terdapat dua klasifikasi pembentukan, yaitu konvensional dan non-konvensional.

1. *Deep Drawing* Konvensional

*Deep drawing* konvensional adalah proses pembentukan logam dengan bentuk dan cara sederhana, dengan komponen utama *punch*, *blank holder*, dan *die*. Biasanya benda kerja yang dihasilkan berbentuk tabung, mangkok, dan lain-lain seperti panci, rantang dan mug.

2. *Deep drawing* Non-konvensional

*Deep drawing* non-konvensional adalah pembentukan yang memiliki tujuan utama untuk memperpanjang batas mampu bentuk dari proses pembentukan *deep drawing*, sehingga hasil benda kerja yang didapatkan dari proses ini memiliki variasi bentuk yang rumit, seperti *intake manifold* yang memiliki lekukan-lekukan.

2.1.5 Variabel Proses Deep Drawing

Terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam melakukan proses *deep drawing*, variabel yang mempengaruhi proses *deep drawing* antara lain :

a. Gesekan

Saat proses *deep drawing* berlangsung gesekan terjadi antara permukaan *punch*, *dies drawing* dengan *blank*, gesekan akan mempengaruhi hasil dari produk yang dihasilkan sekaligus mempengaruhi besarnya gaya yang dibutuhkan untuk proses pembentukan *drawing*, semakin besar gaya gesek maka gaya untuk proses *deep drawing* juga meningkat, beberapa faktor yang mempengaruhi gesekan antara lain :

- Pelumasan

proses pelumasan adalah salah satu cara mengontrol kondisi lapisan tribologi pada proses *drawing*, dengan pelumasan diharapkan mampu menurunkan koefisien gesek permukaan material yang bersinggungan.

- Gaya *Blank Holder*

Gaya *blank holder* yang tinggi akan meningkatkan gesekan yang terjadi, bila gaya *blank holder* terlalu tinggi dapat mengakibatkan aliran material tidak sempurna sehingga produk dapat mengalami cacat.

- Kekasaran permukaan *blank*  
Kekasaran permukaan *blank* mempengaruhi besarnya gesekan yang terjadi, semakin kasar permukaan *blank* maka gesekan yang terjadi juga semakin besar. Hal ini disebabkan koefisien gesek yang terjadi semakin besar seiring dengan peningkatan kekasaran permukaan.
- Kekasaran Permukaan *punch, die* dan *blank holder* Seperti halnya permukaan *blank* semakin kasar permukaan *punch, die* dan *blank holder* koefisien gesek yang dihasilkan semakin besar sehingga gesekan yang terjadi juga semakin besar.

b. Bending dan *straightening*

Pada proses *deep drawing* setelah *blank holder* dan *punch* menempel pada permukaan *blank* saat kondisi *blank* masih lurus selanjutnya terjadi proses pembengkokan material (*bending*) dan pelurusan *sheet* sepanjang sisi samping dalam *dies* (*straightening*). Variabel yang mempengaruhi proses ini adalah :

- Radius *punch*  
Radius *punch* disesuaikan dengan besarnya radius *die*, radius *punch* yang tajam akan memperbesar gaya bending yang dibutuhkan untuk proses *deep drawing*.
- Radius *die*  
Radius *die* disesuaikan dengan produk yang pada nantinya akan dihasilkan, radius *die* berpengaruh terhadap gaya pembentukan, bila besarnya radius *die* mendekati besarnya tebal lembaran logam maka gaya bending yang terjadi semakin kecil sebaliknya apabila besarnya radius *die* semakin meningkat maka gaya bending yang terjadi semakin besar.

c. Penekanan

Proses penekanan terjadi setelah proses *straightening*, proses ini merupakan proses terakhir yang menentukan bentuk dari bagian bawah produk *drawing*, besarnya gaya tekan yang dilakukan dipengaruhi oleh :

- Keuletan logam

Semakin ulet lembaran logam *blank* semakin besar kemampuan *blank* untuk dibentuk ke dalam bentuk yang beranekaragam dan tidak mudah terjadi sobek pada saat proses penekanan, keuletan logam yang kecil mengakibatkan *blank* mudah sobek.

- *Drawability*

*Drawability* adalah kemampuan bahan untuk dilakukan proses *deep drawing*, sedangkan nilainya ditentukan oleh *Limiting drawing ratio* ( $\beta_{\text{maks}}$ ), batas maksimum  $\beta_{\text{maks}}$  adalah batas dimana bila material mengalami proses penarikan dan melebihi nilai limit akan terjadi cacat sobek (cracking).

- Ketebalan *Blank*

Ketebalan blank mempengaruhi besar dari gaya penekanan yang dibutuhkan, semakin tebal *blank* akan dibutuhkan gaya penekanan yang besar sebaliknya bila *blank* semakin tipis maka dibutuhkan gaya yang kecil untuk menekan *blank*.

- Keuletan logam

Semakin ulet lembaran logam *blank* semakin besar kemampuan *blank* untuk dibentuk ke dalam bentuk yang beranekaragam dan tidak mudah terjadi sobek pada saat proses penekanan, keuletan logam yang kecil mengakibatkan *blank* mudah sobek.

- Tegangan Maksimum material

Material *blank* yang mempunyai tegangan maksimum besar mempunyai kekuatan menahan tegangan yang lebih besar sehingga produk tidak mudah mengalami cacat, material dengan tegangan maksimum kecil mudah cacat seperti sobek dan berkerut.

- Temperatur

Dengan naiknya temperatur akan dibutuhkan gaya penekanan yang kecil hal ini disebabkan kondisi material yang ikatan butirannya semakin meregang sehingga material mudah untuk dilakukan deformasi.

d. Diameter *blank*

Diameter *blank* tergantung dari bentuk produk yang akan dibuat, apabila

material kurang dari kebutuhan dapat menyebabkan bentuk produk tidak sesuai dengan yang diinginkan, namun bila material *blank* terlalu berlebih dari kebutuhan dapat menyebabkan terjadinya cacat pada produk seperti kerutan pada pinggiran serta sobek pada daerah yang mengalami bending.

e. *Clearance*

*Clearance* atau Kelonggoran adalah celah antara *punch* dan *die* untuk memudahkan gerakan lembaran logam saat proses *deep drawing* berlangsung. Untuk memudahkan gerakan lembaran logam pada waktu proses *drawing*, maka besar *clearance* tersebut 7 % - 20 % lebih besar dari tebal lembaran logam, bila celah *die* terlalu kecil atau kurang dari tebal lembaran logam, lembaran logam dapat mengalami penipisan (*ironing*) dan bila besar *clearance* melebihi toleransi 20 % dapat mengakibatkan terjadinya kerutan.

(Donaldson,1986)

f. *Strain Ratio*

*Strain ratio* adalah ketahanan lembaran logam untuk mengalami peregangan, bila lembaran memiliki perbandingan regangan yang tinggi maka kemungkinan terjadinya sobekan akan lebih kecil.

- g. Kecepatan *Deep Drawing Die drawing* jenis *punch* berada diatas dengan *nest* dapat diberi kecepatan yang lebih tinggi dibandingkan jenis *die* yang menggunakan *blank holder*, kecepatan yang tidak sesuai dapat menyebabkan retak bahkan sobek pada material, masing – masing jenis material mempunyai karakteristik berbeda sehingga kecepatan maksimal masing–masing material juga berbeda.

## 2.2 Teori Elastisitas Dan Plastisitas

Dalam pemilihan material seperti lembaran plat untuk pembuatan komponen yang harus diperhatikan adalah sifat-sifat material antara lain; kekuatan (*strength*), keliatan (*ductility*), kekerasan (*hardness*), dan kekuatan lelah (*fatigue strength*). Sifat mekanik material untuk membawa atau menahan gaya atau tegangan. Pada saat menahan beban, struktur molekul berada dalam keseimbangan. Gaya luar pada proses penarikan, tekanan, pemotongan, penempaan, pengerolan, dan pembengkokan, akan mengakibatkan material mengalami tegangan.

Sebuah plat yang dikenai beban dari luar, maka plat akan mengalami defleksi. Pada beban luar yang tidak terlalu besar defleksi plat akan kembali ke bentuk seperti semula setelah beban yang diberikan dilepas. Plat tidak akan terjadi deformasi permanen disebabkan karena gaya elastis plat. Hal ini yang disebut sifat elastisitas material. Peningkatan beban yang melebihi kekuatan luluh (*yield strength*) yang dimiliki plat akan mengakibatkan aliran deformasi plat dimana plat tidak akan kembali ke bentuk seperti semula atau plat mengalami deformasi permanen (*permanent set*) yang disebut plastisitas. Langkah pertama dari analisis aliran plastis adalah menentukan kriteria luluh (*yield criterion*). Peningkatan pembebanan yang melebihi kekuatan luluh (*yield strength*) yang dimiliki plat mengakibatkan aliran deformasi permanen yang disebut plastisitas. Menurut Mondelson (1983) teori plastis terbagi menjadi dua kategori:

1. Teori fisik

Teori fisik menjelaskan aliran bagaimana logam akan menjadi plastis. Meninjau terhadap kandungan mikroskopik material seperti halnya pengerasan kristal atom dan dislokasi butir kandungan material saat mengalami tahap plastisitas.

2. Teori matematis

Teori matematis berdasarkan pada fenomena logis alami dari material dan kemudian dideterminasikan ke dalam rumus yang digunakan untuk acuan perhitungan pengujian material tanpa mengabaikan sifat dasar material.

### 2.3 Tegangan

Tegangan adalah besaran pengukuran intensitas gaya atau reaksi dalam yang timbul persatuan luas. Tegangan menurut Marciniak (2002) dibedakan menjadi dua yaitu, engineering stress dan true stress. *Engineering stress* dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\sigma_{eng} = \frac{F}{A_o} \quad (2.1)$$

Sedangkan *True stress* adalah tegangan hasil pengukuran intensitas gaya reaksi yang dibagi dengan luas permukaan sebenarnya (actual). *True stress* dapat dihitung dengan :

$$\sigma = \frac{F}{A_o} \quad (2.2)$$

Jika tidak ada perubahan volume selama deformasi, maka :

$A_i J_i = A_o J_o$  Tegangan dan regangan teknik dihubungkan dengan tegangan dan regangan sebenarnya dengan persamaan :

$$\sigma_T = \sigma(1 + \varepsilon) \quad (2.3)$$

Tegangan normal dianggap positif jika menimbulkan suatu tarikan (*tensile*) dan dianggap negatif jika menimbulkan penekanan (*compression*).

## 2.4 Aluminium

Aluminium (dalam bentuk bauksit) adalah suatu mineral yang berasal dari magma asam yang mengalami proses pelapukan dan pengendapan secara residual. Proses pengendapan residual sendiri merupakan suatu proses pengkonsentrasian mineral bahan galian di tempat. Aluminium merupakan suatu metal reaktif, dan tidak terjadi secara alami.

Aluminium adalah logam yang memiliki kekuatan rendah dan relatif lunak . Aluminium merupakan logam yang ringan dan memiliki ketahanan korosi yang baik dan hantaran listrik yang baik pula. Umumnya aluminium dicampur dengan logam lain sehingga membentuk aluminium paduan . Material ini dimanfaatkan bukan saja untuk peralatan rumah tangga , tetapi juga dipakai untuk peralatan industri dan lain sebagainya.

Aluminium ditemukan pada tahun 1890 oleh sir Humphery Davy sebagai suatu unsure dan pertama kali direduksi menjadi logam oleh Hans Cristian Orsted pada tahun 1825 . sumber unsur ini tidak bebas , biji utamanya adalah bauksit. Penggunaan aluminium antara lain untuk pembuatan kabel , mobil, kerangka pesawat terbang dan berbagai produk peralatan rumah tangga.

Dalam proses pembuatannya aluminium terbagi menjadi dua tahap yaitu proses bayer yang merupakan proses pemurnian biji bauksit untuk memperoleh aluminium oksida (alumina) dan proses *hall-heroult* merupakan proses peleburan aluminium oksidasi untuk menghasilkan aluminium murni.



Gambar 2.5 Alumunium batang (*ingot*)

#### 2.4.1 Klasifikasi Alumunium

Alumunium secara garis besar terbagi menjadi dua bagian utama yaitu alumunium murni dan alumunium paduan

##### 1. Alumunium Murni

Alumunium didapat dalam keadaan cair dengan elektrolisa, umumnya mencapai kemurnian 99,85%. Dengan mengelektrolisa kembali dapat dicapai kemurnian 99,99%. Tanpa tambahan logam paduan apapun dan dicetak dalam keadaan biasa.

##### 2. Alumunium paduan

Elemen paduan yang umum digunakan pada alumunium adalah silicon, magnesium, tembaga, seng, mangan, dan juga lithium. Secara umum, penambahan logam paduan hingga konsentrasi tertentu akan meningkatkan kekuatan tensil dan kekerasan, serta menurunkan titik lebur. Jika melebihi konsentrasi tersebut, umumnya titik lebur akan naik disertai meningkatnya kerapuan.

#### 2.4.2 Sifat sifat alumunium

Alumunium memiliki ketahanan terhadap korosi yang baik pada beberapa korosi lingkungan karena permukaan alumunium mampu membentuk lapisan alumina bila bereaksi dengan oksigen. Struktur Kristal yang dimiliki alumunium adalah struktur Kristal FCC (*face centered cubic*), sehingga alumunium tetap ulet walaupun pada temperature yang sangat rendah.

Seperti logam murni lainnya, aluminium memiliki kekuatan rendah yang tidak bias langsung diaplikasikan karena tahanan deformasi dan patahannya kurang tinggi. Oleh karena itu diperlukan adanya penambahan elemen lain. Kedalaman aluminium, sifat aluminium tergantung dari interaksi komposisi kimia dan struktur mikro, perlakuan panas dan proses deformasi.

Adapun sifat-sifat aluminium antara lain : ringan , tahan korosi , penghantar panas yang baik , penghantar listrik yang baik . sifat tahan korosi pada aluminium diperoleh karena terbentuknya lapisan oksida aluminium pada permukaan aluminium tersebut. Lihat pada table dibawah ini :

Tabel 2.1 Sifat-sifat fisik aluminium

No	Sifat sifat	Kemurnian Al (%)	
		99,996	>99,0
1	Masa jenis (20°C)	2,6989	2,71
2	Titik cair	660,2	653-657
3	Panas jenis (cal/g. °C) (100 °C)	0,226	0,2997
4	Hantaran listrik (%)	64,94	59 (dianil)
5	Tahanan listrik koefisien temperatur (°C)	0,00429	0,0115
6	Koefisien pemuaian (20-100 °C)	23,68x10 <sup>-6</sup>	23,5x10 <sup>-6</sup>
7	Jenis Kristal	<i>Fcc</i>	<i>Fcc</i>

Sumber : (Tata Surdia, 2005)

Tabel 2.2 Sifat sifat mekanik aluminium

No	Sifat-sifat	Kemurnian Al (%)			
		99,996		>99,0	
		Dianil	75% dirol dingin	Dianil	1118
1	Kekuatan tarik (kg/mm <sup>2</sup> )	4,9	11,6	9,3	16,9
2	Kekuatan mulur (0,2%) (kg/mm <sup>2</sup> )	1,3	11,0	3,5	14,8
3	Perpanjangan%	48,8	5,5	35	5
4	Kekerasan brinel	17	27	23	44

Sumber : (Tata Surdia, 2015)

### 2.4.3 Ciri-ciri aluminium:

- Aluminium merupakan logam yang berwarna perak-putih
- Aluminium dapat dibentuk sesuai dengan keinginan karena memiliki sifat plastis yang cukup tinggi.
- Merupakan unsur metalik yang paling berlimpah dalam kerak bumi setelah silisium dan oksigen.

### 2.4.4 Paduan Aluminium

Paduan aluminium dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu aluminium *wrought alloy* (lembaran) dan aluminium *casting alloy* (batang cor). Aluminium (99,99%) memiliki berat jenis sebesar 2,7 g/cm<sup>3</sup>, densitas 2,685 kg/m<sup>3</sup>, dan titik leburnya pada suhu 6600 °C, aluminium memiliki *strength to weight ratio* yang lebih tinggi dari baja. Sifat tahan korosi aluminium diperoleh dari terbentuknya lapisan oksida aluminium dari permukaan aluminium. Lapisan oksida ini melekat kuat dan rapat pada permukaan, serta stabil (tidak bereaksi dengan lingkungan sekitarnya) sehingga melindungi bagian dalam.

Unsur-unsur paduan dalam aluminium antara lain :

#### a. Al-Cu dan Al-Cu-Mg

Sebagai paduan coran dipergunakan paduan yang mengandung 4-5% Cu . pada fasa penguatan penguatan terjadi penyusutan yang besar , resiko yang besar pada kegetasan panas dan mudah terjadi retakan pada coran . Sebagai paduan Al-Cu-Mg paduan yang mengandung 4%Cu dan 0,5%Mg dapat mengeras dengan sangat cepat dalam beberapa hari oleh penguatan pada temperature biasa setarlah pelarutan.

#### b. Paduan Al-Mn

Mn adalah unsur yang memperkuat aluminium tanpa mengurangi ketahanan korosi , dapat ditahan untuk membuat paduan yang tahan korosi pada Al 1,2% Mn 1,0% dinamakan paduan 3003 dan 3004 yang dipergunakan sebagai paduan tahan korosi tanpa perlakuan panas.

#### c. Paduan Al-Si

Pada paduan ini adanya perlakuan silumi yang memodifikasi struktur sehingga adanya perbaikan sifat sifat mekanik nya . paduana Al-Si sanagat baik kecairan nya mempunyai permukaan bagus sekali , tanpa kegetasan paanas, dan sangat baik untuk paduan coran , mempunyai tahan korosi , hantaran listrik serta hantaran panas yang baik . Paduan Al 12% dan Si 29% sangat banyak digunakan untuk paduan cor cetak .

d. Paduan Al-Mg

Dalam paduan Al-Mg secara praktis penambahan Mg tidaklah terlalu banyak . Memiliki tahana korosi yang baik dan sejak lama disebut hidronalium paduan dengan 2-3%Mg dapat mudah ditempa , dirol dan diekstrusi .

e. Paduan Al-Mg-Si

Kalau sedikit Mg ditambahkan kepada Al pegerasan penuaan sangat jarang terjadi , tetapi apabila mengandung Si maka dapat dikeraskan dengan penuan panas . Paduan pada system ini mempunyai kekuatan kurang sebagai bahan tempaan di bandingkan dengan paduan paduan lain tetapi baik untuk mampu bentuk tinngi pada temperature biasa .

f. Paduan Al-Mg-Zn

Pada paduan ini telah banyak diketahui sejak lama bahwa site mini dapat dibuat keras sekali dengan penuaan setelah pelarutan . tetapi sejak lama tidak dipakai karena mempunyai sifat patah getas oleh retakan korosi tegangan . Al-5,5%, Zn 2,5%, Mn 1,5% sekarang dinamakan paduan 7075 paduan ini mempunyai kekuatan tinggi diantara paduan-paduan lainnya . penggunaan paduan ini paling besar adalah untuk bahan kontruksi pesawat terbang.

## 2.5 Gaya

Dalam kehidupan sehari-hari secara tidak sadar kita mendapati kegiatan yang berhubungan dengan gaya. Pada saat kita membuka atau menutup pintu kita telah melakukan gaya yang berupa dorongan dan tarikan. Gerakan mendorong atau menarik yang menyebabkan benda bergerak disebut gaya. Gaya yang dikerjakan pada suatu benda akan mempengaruhi benda tersebut. Gaya terhadap suatu benda dapat mengakibatkan benda bergerak, berubah bentuk, dan berubah arah atau merubah bentuk benda. Sebagai contoh, pada saat kamu menendang bola maka

bolaakan bergerak dan berubah arahnya. Sedangkan contoh perubahan bentuk benda karena pengaruh gaya adalah ketika kamu bermain dengan plastisin. Kamu dapat membuat berbagai macam bentuk. Gaya tangan menyebabkan bentuk plastisin berubah sesuai dengan bentuk yang diinginkan.

Gaya tidak dapat dilihat tetapi pengaruhnya dapat dirasakan. Gaya tidak sama dengan tenaga (energi) meskipun keduanya saling berhubungan. Gaya juga dilakukan hewan atau mesin, misalnya sapi menarik gerobak dan lokomotif kereta api menarik rangkaian gerbong. Jadi dapat disimpulkan gaya adalah tarikan atau dorongan yang dapat mempengaruhi keadaan suatu benda. Gaya dapat pula diartikan sebagai kemampuan melakukan usaha.

Besar kecilnya gaya yang bekerja pada suatu benda tidaklah sama. Hal ini bergantung pada besar gaya yang diberikan. Besar kecilnya gaya dapat diukur menggunakan alat yang bernama neraca pegas atau dynamometer. Sedangkan satuan gaya dinyatakan dalam satuan Newton yang ditulis dengan huruf N.

### 2.5.1 Macam-Macam Gaya

Gaya dapat dibagi menjadi beberapa macam, antara lain:

#### 1. Gaya gesek

Gaya gesek ditimbulkan oleh gesekan antara dua permukaan benda, misalnya ban mobil yang melaju di atas jalan beraspal. Mobil dapat berhenti ketika direm karena adanya gaya gesek antara permukaan ban mobil dengan jalan. Bila ke dua benda saling bergesekan, maka antara keduanya akan muncul gaya gesek. Gaya gesek bisa menguntungkan dan merugikan. Bila kita berjalan di jalan yang kering, antara sepatu dan jalan akan muncul gaya gesek. Gaya gesek ini membantu kita untuk bisa berjaalan. Bayangkan bila jalanan licin, maka gaya geseknya akan kecil dan kita akan kesulitan untuk berjalan.

#### 2. Gaya pegas

Gaya pegas yaitu gaya yang ditimbulkan oleh keelastisan suatu benda atau gaya yang dihasilkan oleh pegas ataupun kekuatan yang dihasilkan oleh karet/pegas yang diregangkan, misalnya pegas dan busur

panah. Ketika anak panah dilepaskan dari busurnya, karet mampu mendorong anak panah dan anak panah akan melesat atau terlontar ke depan dengan cepat dan jauh. Anak panah itu meluncur karena adanya gaya pegas pada busur panah.

### 3. Gaya gravitasi

Gaya gravitasi yaitu gaya ditimbulkan oleh tarikan bumi atau kekuatan bumi untuk menarik benda ke bawah. Bila kita melempar benda ke atas, baik dari kertas, pensil atau benda lain maka semua benda itu akan jatuh ke bawah. Benda dapat jatuh ke tanah disebabkan adanya gaya gravitasi bumi. Misalnya buah kelapa jatuh ke tanah. Berbeda bila di luar angkasa para astronot tidak merasakan gaya gravitasi, akibatnya mereka akan melayang-layang bila berada di luar angkasa.

### 4. Gaya listrik statis

Gaya listrik statis yaitu kekuatan yang dimiliki benda yang bermuatan listrik untuk menarik benda-benda disekitarnya atau gaya yang ditimbulkan oleh adanya arus listrik. Kita dapat melakukan percobaan untuk membuktikan adanya gaya listrik statis. Coba kalian gosok-gosokkan penggaris plastik pada rambut kalian. Siapkan juga kertas yang disobek-sobek halus. Setelah digosokkan berulang kali pada rambut, dekatkan penggaris pada potongan-potongan kertas. Kalian akan melihat penggaris bisa menarik potongan kertas dengan gaya listrik statis. Contoh lain yaitu Kipas angin yang semula diam akan berputar setelah dialiri arus listrik.

### 5. Gaya magnet

Gaya magnet yaitu gaya yang dihasilkan oleh magnet, misalnya dinamo sepeda. Magnet alam adalah sejenis logam yang pertama kali ditemukan di kota magnesia. Magnet memiliki kekuatan yang menarik jarum, paku, atau benda yang terbuat dari besi atau baja. Kekuatan ini disebut gaya magnet. Gaya magnet merupakan gaya tak sentuh atau gaya tak kontak. Gaya ini dapat bekerja meski tidak bersentuhan. Tidak semua benda mengalami gaya magnet. Benda yang menerima gaya magnet dikatakan bersifat magnetis. Benda yang menolak gaya magnet dikatakan

bersifat nonmagnetis. Ada benda yang dapat ditarik kuat oleh magnet. Ada benda yang ditarik lemah oleh magnet. Ada pula benda yang tidak dapat ditarik oleh magnet. Berdasarkan sifat kemagnetannya, benda digolongkan menjadi 3 jenis, yaitu

- a. Feromagnetik, yaitu benda yang memiliki sifat kemagnetan kuat.
- b. Paramagnetik, yaitu benda yang memiliki sifat kemagnetan lemah.
- c. Diamagnetik, yaitu benda yang tidak memiliki sifat kemagnetan.

Dalam kehidupan sehari-hari magnet memberi banyak manfaat. Ada beberapa alat rumah tangga yang menggunakan magnet. Sebagai contoh adalah pintu kulkas (lemari es). Kompas, gunting jahit, dan tempat pensil bermagnet merupakan contoh lain pemanfaatan gaya magnet.

#### 6. Gaya otot

Gaya otot yaitu gaya yang dihasilkan oleh otot, misalnya tangan meremas benda dan tarikan dan dorongan yang kita lakukan saat membuka dan menutup pintu. Gaya ini juga sering dilakukan saat kita mengangkat beban atau sedang senam di sekolah. Apabila kita sering melakukan olahraga maka ototmu akan bertambah besar dan kuat.

#### 2.5.2 Gaya Membuat Benda Bergerak

Setiap orang selalu bergerak, ketika berjalan, berlari, atau berputar menandakan bahwa orang itu sedang bergerak. Benda juga bergerak, benda yang dikenai gaya yang dapat bergerak.

##### 1. Gaya Dorong

Pada saat bermain kasti kita melambungkan bola kasti ke arah lawan dengan cepat dan kencang. Lemparan tersebut membuat bola melambung di udara. Begitu juga pada saat menendang bola, tendangan membuat bola bergerak melambung atau menggelinding. Lemparan atau tendangan merupakan peristiwa dorongan yang memiliki kekuatan sehingga bola bergerak. Gaya yang menyebabkan bola terlempar karena mendapat dorongan dari tangan atau kaki kita disebut gaya dorong. Cepat atau lambat serta tinggi atau rendahnya lemparan bola tergantung pada kekuatan gaya

dorong. Jika lemparan bola cepat dan tinggi, berarti gaya dorongnya lebih kuat. Jika lemparan bola lambat dan rendah berarti gaya dorongnya lemah.

## 2. Gaya tarik

Setiap upacara bendera hari senin, coba perhatikan petugas upacara yang bertugas menarik tali bendera. Pada saat menarik tali, bendera tampak bergerak perlahan menuju ujung tiang. Gaya yang menyebabkan benda bergerak ke ujung tiang karena tali bendera ditarik disebut gaya tarik. Cepat atau lambat bendera tersebut bergerak tergantung pada besar atau kecilnya gaya yang diberikan ketika menarik tali bendera.

### 2.5.3 Faktor Yang Mempengaruhi Berbagai Gerak Benda

Adapun faktor yang mempengaruhi berbagai gerak benda terdiri atas 2, adalah :

#### 1. Adanya Gaya Gravitasi Bumi

Semua benda yang dilemparkan ke atas, buah yang telah matang dan daun yang berguguran akhirnya akan jatuh ke tanah (bumi). Apa yang menyebabkan benda –benda tersebut jatuh? Menurut Newton, benda jatuh ke bumi karena ada tarikan bumi pada benda itu. Jika kita naik dan meloncat maka kita akan jatuh lagi ke bumi. Jadi benda yang jatuh seperti penerjun yang meloncat dari pesawat terbang akan bergerak turun dalam kecepatan yang makin bertambah karena ditarik ke bawah oleh gaya tarik bumi. Berbeda dengan contoh di atas, seorang astronot yang berada di angkasa luar tidak jatuh ke bumi. Ia hanya melayang-layang karena kehilangan bobot meskipun sebenarnya ia dalam keadaan jatuh karena pengaruh gaya tarik bumi. Hal ini terjadi karena letak angkasa luar sangat jauh dari bumi sehingga pengaruh gravitasi bumi sangat kecil.

#### 2. Adanya Gaya Gesek

Ketika kita melemparkan bola ke lantai yang datar, maka bola yang dilemparkan tadi akan bergerak lurus, berputar atau menggelinding membentur benda yang lain. Bola kemudian akan berhenti. Keadaan tersebut dapat terjadi karena adanya pengaruh gaya yang menahan gerakan

bola tadi. Cepat atau lambatnya bola yang berputar atau menggelinding bergantung pada kuat lemahnya gaya yang diberikan pada bola.

Gaya yang dapat menahan gerak benda agar benda itu tidak bergerak jika ditarik atau di dorong adalah gaya gesek. Gaya gesek terjadi jika dua permukaan benda saling bersentuhan. Benda sulit bergerak jika gaya geseknya besar, sebaliknya benda akan bergerak dengan mudah jika gaya geseknya kecil. Gaya gesek dapat diperkecil dengan cara menghaluskan permukaan kedua atau melicinkannya dengan menggunakan pelumas seperti oli, lilin, dan vaselin.

#### 2.5.4. Pengaruh Gaya Terhadap Gerak Benda

Ketika kita berlari maka terjadi perpindahan, dimana kita berpindah dari satu tempat ke tempat lain. Jadi yang dimaksud dengan gerak adalah perpindahan posisi benda dari tempat asalnya karena adanya gaya. Gaya dapat mengubah gerak suatu benda. Suatu benda dikatakan bergerak bila benda tersebut berubah posisi atau berubah tempatnya terhadap suatu titik acuan. Benda yang mula-mula diam bisa berubah menjadi bergerak setelah mendapatkan gaya. Benda yang sedang bergerak apabila mendapatkan gaya dapat mengakibatkan perubahan arah gerak benda.

Gaya mengakibatkan adanya perubahan pada benda. Dengan kata lain, gaya dapat mempengaruhi suatu benda. Adapun pengaruh gaya terhadap gerak benda adalah sebagai berikut :

1. Gaya Menggerakkan Benda Diam

Benda diam akan bergerak jika diberi gaya. Contohnya, bola akan melambung ke udara jika kita tendang. Lemari akan bergeser jika kita dorong. Sepeda akan berjalan jika kita kayuh. Batu akan bergerak jika kita lempar. Masih banyak banyak contoh lain yang membuktikan bahwa gaya dapat menggerakkan benda diam.

2. Gaya Membuat Benda Bergerak Menjadi Diam

Contoh benda yang bergerak adalah sepeda yang dikayuh, sepeda motor yang sedang bergerak, kelereng yang menggelinding dan sebagainya . Benda-benda yang bergerak tersebut dapat berhenti atau diam jika diberi

gaya. Sepeda yang bergerak akan berhenti jika direm. Sepeda motor yang sedang bergerak akan berhenti jika direm. Kelereng yang menggelinding akan berhenti jika kita tahan dengan tangan atau kaki. Mengerem sepeda dan sepeda motor termasuk bentuk gaya. Begitu pula dengan menahan kelereng dengan tangan juga termasuk bentuk gaya. Dengan demikian, gaya dapat membuat benda bergerak menjadi diam.

### 3. Gaya Mengubah Kecepatan Gerak Benda

Perhatikan mobil yang sedang bergerak! Jika kamu amati, kecepatan mobil tersebut tidak akan sama. Kamu bisa melihatnya pada speedometer. Gerak mobil terkadang cepat dan terkadang lambat. Apakah yang menyebabkan kecepatan mobil tersebut berubah-ubah? Ketika jalan lengang, pengemudi akan menginjak gasnya. Akibatnya, mobil akan melaju kencang. Namun, ketika ada mobil yang lain di depannya, pengemudi akan menginjak rem. Akibatnya, laju mobil akan melambat. Injakan gas dan injakan rem termasuk bentuk gaya. Oleh karena itu, gaya dapat mempengaruhi kecepatan gerak benda.

### 4. Gaya Mengubah Arah Gerak Benda

Sepeda tidak hanya dapat berjalan lurus. Sepeda dapat kita belokkan ke arah yang dibutuhkan. Jika ingin mengubah arah sepeda, kita cukup membelokkan setangnya. Hasilnya, arah sepeda akan berubah. Begitu juga dengan orang yang bermain bola. Bola tidak hanya bergerak ke satu arah. Bola dapat bergerak ke segala arah. Namun, arah gerak bola tidak dapat berubah dengan sendirinya. Arah gerak bola harus diubah oleh pemain bola. Caranya dengan menyundul atau menendang bola.

### 5. Gaya Dapat Mempengaruhi Keadaan Benda Di Dalam Air

Mengapa perahu dapat terapung di air? Mengapa ketika melompat ke dalam kolam renang kita akan muncul lagi ke permukaan? Mengapa batu akan tenggelam jika dilemparkan ke dalam air? Di dalam air terdapat suatu gaya yang disebut gaya tekan ke atas. Gaya ini menyebabkan benda bisa mengapung di permukaan. Benda yang masuk ke dalam air akan dikenai gaya tekan ke atas, sehingga benda muncul kembali ke permukaan. Itulah sebabnya, ketika berenang kita tidak akan ke dasar kolam, melainkan berada

di permukaan air. Namun, gaya tekan ke atas dipengaruhi oleh luas permukaan benda. Benda yang permukaannya lebar mendapat banyak gaya tekan ke atas. Akibatnya, benda itu akan mengapung di permukaan. Benda yang permukaannya sempit mendapat sedikit gaya tekan ke atas. Akibatnya, benda itu akan tenggelam. Inilah penyebab batu tenggelam ketika dilempar ke dalam air. Hal ini karena batu memiliki luas permukaan yang kecil. Keadaan benda di dalam air dipengaruhi oleh gaya tekan ke atas dan berat benda sebagai berikut :

- a. Jika gaya tekan ke atas lebih besar dari berat benda, maka benda akan terapung.
- b. Jika gaya tekan ke atas sama dengan berat benda, maka benda akan melayang.
- c. Jika gaya tekan ke atas lebih kecil dari berat benda, maka benda akan tenggelam.

#### 2.5.4 Pengaruh Gaya Terhadap Bentuk Benda

Selain Gaya dapat membuat benda bergerak, gaya juga dapat merubah bentuk benda. Bentuk suatu benda dapat berubah jika dikenai gaya. Perubahan bentuk tersebut tergantung pada besar kecilnya gaya. Beberapa contoh berikut menjelaskan bahwa gaya mengubah bentuk suatu benda:

##### 1. Telur yang jatuh kebawah atau telur yang digoreng

Telur yang jatuh ke tanah langsung pecah karena berbenturan dengan tanah. Telur yang semula bulat menjadi pecah sehingga tampak kuning telur dan putih telurnya. Gaya tarik bumi juga mempercepat gerak telur yang jatuh ke tanah. Hal serupa juga ketika kita memecahkan telur untuk digoreng telur yang tadinya bulat menjadi berubah bentuk.

##### 2. Pegas dan karet gelang

Karet gelang dan Pegas/per akan berubah bentuk jika dikenai gaya, baik gaya tarik maupun gaya dorong. Karet gelang yang semula berbentuk lingkaran berubah bentuk ketika ditarik. Pegas yang tadinya pendek jika ditarik akan mengulur panjang dan jika di dorong atau dilepaskan akan

kembali ke bentuk semula sama halnya dengan karet. Tarikan pada karet gelang dan pegas/per termasuk bentuk gaya begitu juga dengan contoh di atas lainnya. Dengan demikian, terbukti bahwa gaya dapat mengubah bentuk benda. Contoh-contoh di atas membuktikan bahwa gaya dapat merubah bentuk benda.

## 2.6 Tekanan

Pernakah kalian merasakan tekanan? Untuk mencoba merasakannya, kalian coba tekankan belpoin pada telapak tanganmu secara tegaka lurus, bedakah rasa tekanan dengan menggunakan bagian runcingnya dengan bagian kepala belpoin?

Tekanan juga dapat kalian rasakan tanpa sengaja, misalnya ketika naik bus. Pada saat naik bus kota yang berdesak-desakan, kaki kita sering terinjak. Mana yang lebih sakit, terinjak seseorang yang memakai sepatu berhak tinggi atau terinjak seseorang yang memakai sandal? Kaki terinjak berarti menerima tekanan.

### 2.6.1 Tekanan pada Benda Padat

Kita ketahui bahwa semakin besar berat massa benda, maka semakin besar tekanannya. Semakin kecil luas permukaan suatu benda, semakin besar tekanannya.

Besar gaya tekan benda sama dengan gaya berat benda tersebut :

$$F = W = m \cdot g$$

Setiap benda padat yang mempunyai gaya akan memberikan tekanan pada tempatnya sebesar gaya tiap satuan luas. Misalkan, kita menjatuhkan sebuah balok pada tanah yang lembek, balok tersebut akan meninggalkan bekas pada tanah. Bekas tersebut akan makin dalam jika balok dijatuhkan dari tempat yang lebih tinggi. Bekas tersebut menunjukkan bahwa tanah tertekan oleh balok yang jatuh. Tekanan tersebut makin besar jika balok dijatuhkan dari tempat yang lebih tinggi. Besarnya tekanan pada balok sebanding dengan gaya dan berbanding terbalik dengan luas alas. Hal itu dirumuskan :

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

Besarnya tekanan sebanding dengan besarnya gaya dan berbanding terbalik dengan luas bidang tekannya. Ini berarti semakin besar gayanya semakin besar tekanannya, semakin luas bidang tekannya, semakin kecil tekanannya.

Berdasarkan uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa tekanan suatu benda merupakan hasil bagi gaya tekan dengan luas permukaan tempat gaya tersebut bekerja.

Satuan tekanan dalam Sistem Internasional adalah  $N/m^2$ . Satu Pascal tekanan adalah suatu gaya sebesar satu Newton per meter persegi.

Bila zat padat seperti balok diberi gaya dari atas akan memberikan tekanan. Pada tekanan zat padat berlaku :

- a. Bila balok yang sama ditekan pada tanah yang lembek akan lebih besar tekanannya atau akan lebih dalam tekanannya disbanding ditanah yang tidak lembek.
- b. Semakin besar luas alas bidang tekannya, maka tekanannya makin kecil.
- c. Semakin kecil luas alas bidang tekannya, maka tekanannya makin besar.

## 2.7 Sensor Berat (*Load Cell*)

Sensor *load cell* merupakan sensor yang dirancang untuk mendeteksi tekanan atau berat sebuah beban, sensor load cell umumnya digunakan sebagai komponen utama pada system timbangan digital dan dapat diaplikasikan pada jembatantimbangan yang berfungsi untuk menimbang berat dari truk pengangkut bahanbaku, pengukuran yang dilakukan oleh *Load Cell* menggunakan prinsip tekanan. (www.ricelake.com *Load Cell and Weight (America Module H : 2010)*)

Spesifikasi *load cell* sebagai berikut :

Tabel 2.3 Spesifikasi *Load Cell*

---

<b><i>Material</i></b>	<b><i>Metal</i></b>
<b><i>Model</i></b>	<b><i>PST</i></b>
<b><i>Type</i></b>	<b><i>Weighthing</i></b>
<b><i>Physical properties of material</i></b>	<b><i>Conductors</i></b>
<b><i>Process</i></b>	<b><i>Film</i></b>
<b><i>Output Signal</i></b>	<b><i>Analog</i></b>
<b><i>Protection grade</i></b>	<b><i>IP67</i></b>
<b><i>Linearity</i></b>	<b><math>\pm 0.02</math> (%F.S.)</b>
<b><i>Delaying</i></b>	<b><math>\pm 0.02</math> (%F.S.)</b>
<b><i>Repeatability</i></b>	<b><math>\pm 0.02</math> (%F.S.)</b>
<b><i>Sensitivity</i></b>	<b><i>2.0mv/v</i></b>
<b><i>Drifting</i></b>	<b><math>\pm 0.02</math> (%F.S.)</b>
<b><i>Resolution</i></b>	<b><math>\pm 0.02</math> (%F.S.)</b>
<b><i>Input impedance</i></b>	<b><i>400<math>\pm</math>20<math>\Omega</math></i></b>
<b><i>Measuring range (optinal)</i></b>	<b><i>300 kg, 5000 kg</i></b>
<b><i>Thread</i></b>	<b><i>M20 (5000)</i></b>
<b><i>Weight</i></b>	<b><i>1458 g (load cell 5000 kg)</i></b>

---

**BAB 3**  
**METODOLOGI PENELITIAN**

### 3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

#### 3.1.1 Tempat

Tempat untuk penelitian ini dilakukan di laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

#### 3.1.2 Waktu

Waktu pembuatan dan penelitian ini di mulai dari tanggal 27 Agustus 2019 s/d Februari 2020.

Tabel 3.1 Jadwal waktu pembuatan dan penelitian.

No	Kegiatan	Waktu (Bulan) 2019/2020						
		Ags	Sep	Okt	Nov	Des	Jan	Feb
1	Studi literatur	■						
2	Penentuan variabel penelitian dan spesifikasi benda uji	■						
3	Persiapan material dan peralatan		■					
4	Pembuatan produk		■	■				
5	Pengujian tekan			■	■			
6	Pengolahan data				■	■		
7	Hasil dan analisa data					■	■	
8	Seminar dan sidang							■

### 3.2 Alat dan Bahan

#### 3.2.1 Mesin *Deep Drawing*

*Deep drawing* atau biasa disebut *drawing* adalah proses perubahan bentuk logam dari bahan lembaran yang berbentuk lingkaran dengan diameter tertentu yang ditekan pada sebuah cetakan yang juga berbentuk lingkaran dengan kedalaman tertentu. Untuk lebih jelasnya lihat gambar 3.1.



Gambar 3.1 Mesin *Deep Drawing*

### 3.2.2 *Load Cell*

Sensor *load cell* merupakan sensor yang dirancang untuk mendeteksi tekanan atau berat sebuah beban, sensor *load cell* umumnya digunakan sebagai komponen utama pada sistem timbangan digital dan dapat diaplikasikan pada jembatan timbangan yang berfungsi untuk menimbang berat dari truk pengangkut bahan baku, pengukuran yang dilakukan oleh *Load Cell* menggunakan prinsip tekanan. *Load cell* dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 *Load Cell*

*Load cell* dengan spesifikasinya :

- Model : PST
- Kapasitas : 5000 Kg

### 3.2.3 Jangka Sorong

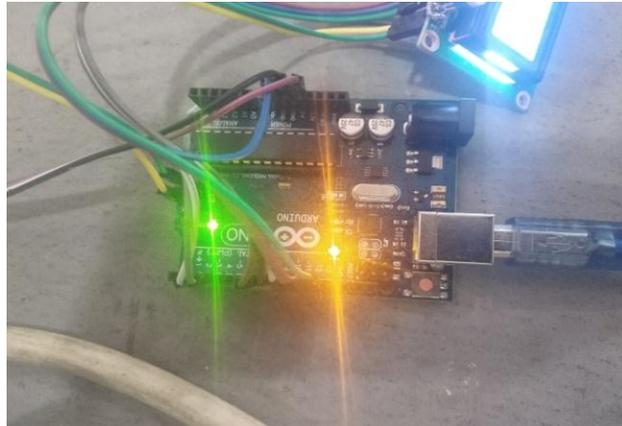
Jangka sorong merupakan alat yang digunakan untuk mengukur panjang dan ketebalan sebuah benda dengan tingkat ketelitian mencapai 0,1 milimeter. Jangka sorong yang digunakan dalam penelitian ini diperlihatkan pada gambar 3.2.



Gambar 3.3 Jangka Sorong

### 3.2.4 Arduino UNO

*Arduino UNO* digunakan sebagai *microconteller* pembaca sensor getaran, sensor kecepatan (rpm) dan sensor proxymiti, motor AC yang terhubung dengan komputer akan memunculkan hasil pencatatan data berupa data sheet. Arduino dapat dilihat seperti pada gambar 3.4



Gambar 3.4 Arduino UNO

### 3.2.5 LCD

LCD (*liquid crystal display*) adalah suatu perangkat elektronik yang dapat digunakan untuk menampilkan angka atau teks. LCD dapat dilihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 LCD

### 3.2.6 Pressure Gauge

*Pressure Gauge* berfungsi untuk mengukur tekanan fluida yang bisa berupa gas atau cair. *Pressure gauge* ini dipakai untuk mengukur dan mengetahui tekanan yang diberikan . *Pressure gauge* dapat dilihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 *Pressure Gauge*

### 3.2.7 Gunting Plat

Gunting ini berfungsi untuk memotong atau menggunting spesimen yang akan diuji.



Gambar 3.7 Gunting Plat

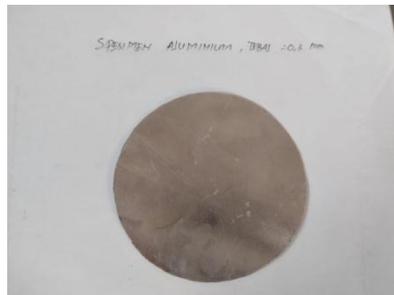
### 3.2.8 Bahan

Bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah spesimen dari aluminium. Spesimen sebelum di gunting terdapat pada gambar 3.7.



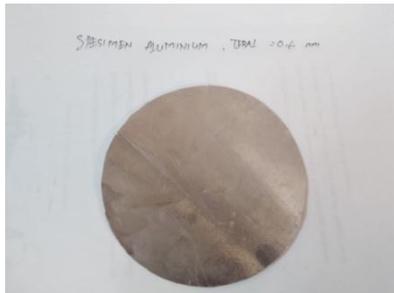
Gambar 3.8 Spesimen sebelum di gunting

1. Bahan spesimen 1 setelah digunting dengan ketebalan 0,5 mm dan diameter 107 mm. Dapat dilihat pada gambar 3.8 dibawah ini :



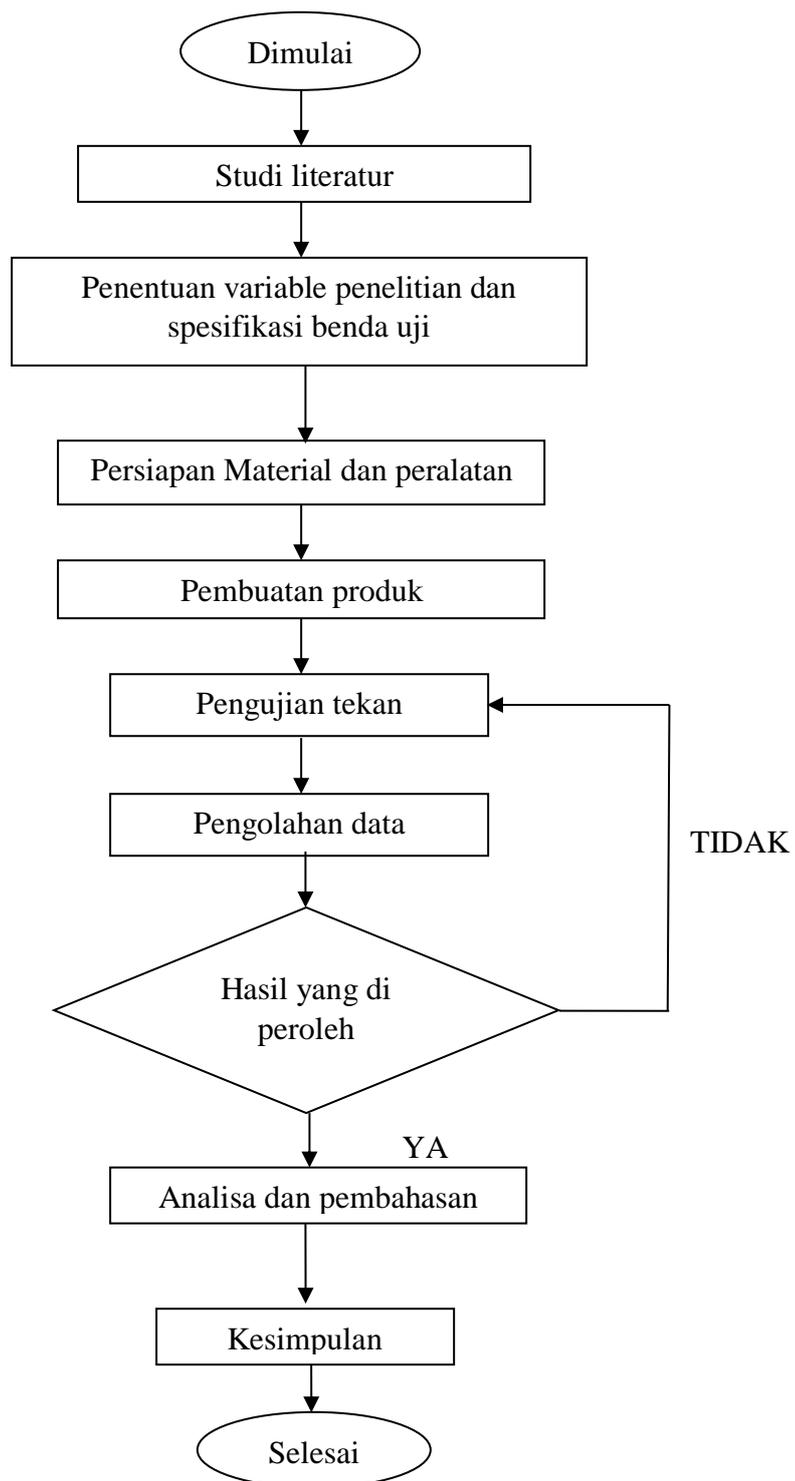
Gambar 3.9 Spesimen 1 setelah digunting

2. Bahan spesimen 2 setelah digunting dengan ketebalan 0,6 mm dandiameter 107 mm. Dapat dilihat pada gambar 3.9 dibawah ini :



Gambar 3.10 Spesimen 2 setelah digunting

### 3.3 Diagram Penelitian



Gambar 3.11 Diagram Alir Penelitian

### 3.4 Prosedur Pengujian

Pengujian ini melakukan uji tekan, adpun langkah langkah prosedur pengujian sebagai berikut :

1. Menyiapkan spesimen aluminium sebanyak 10 lembar  
Menggunting spesimen untuk mengurangi ukuran supaya dapat di sesuaikan dengan cetakan agar mempermudah mencetak spesimen tersebut.



Gambar 3.12 Spesimen Uji Tekan

2. Menyalakan mesin *deep drawing*.
3. Meletakkan spesimen pada cetakan dan menyesuaikan jarak spesimen dengan cetakan agar letak spesimen ditengah-tengah.



Gambar 3.13 Letak Spesimen Pada Cetakan

4. Rekam dan catat data yang dihasilkan dari sensor *load cell* dan *pressure gauge*.
5. Setelah spesimen tercetak, matikan mesin *deep drawing*.

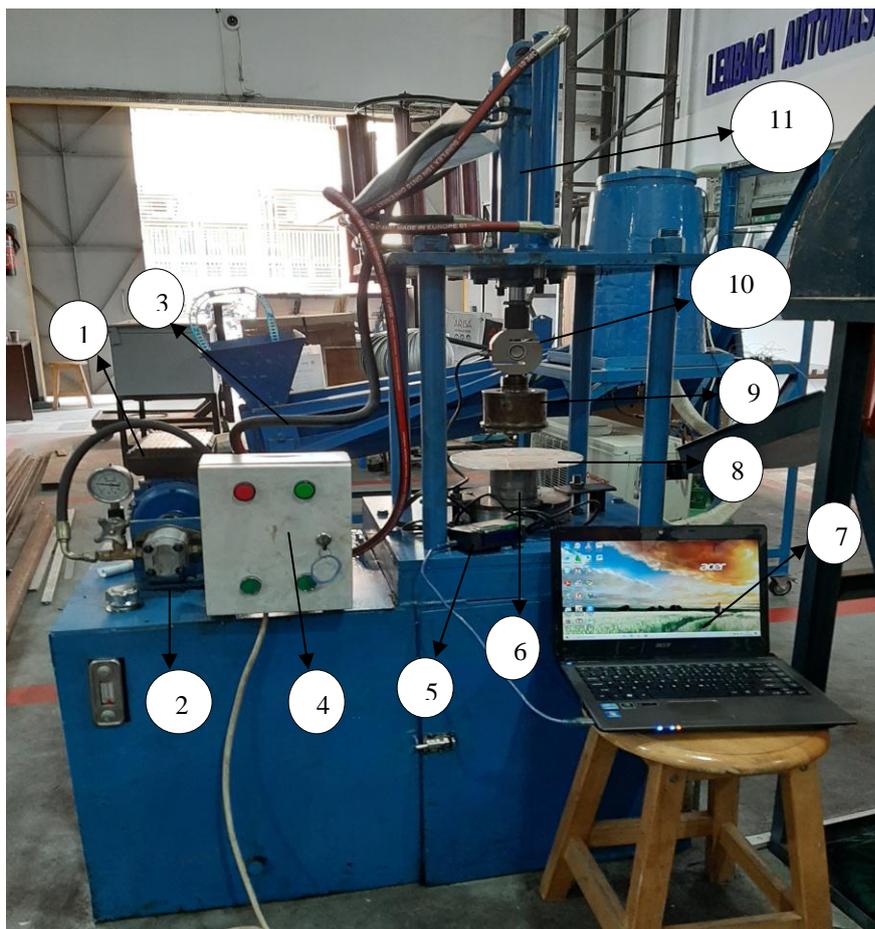
6. Ulangi kembali dengan spesimen selanjutnya.
7. Setelah semua selesai, matikan mesin dan rapikan serta bersihkan mesin kembali.

### 3.5 Langkah Kerja Uji Tekan

Langkah-langkah pengujian tekan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pemberian tanda pada setiap spesimen untuk menghindari kesalahan dalam pembacaan data.
2. Mensetting mesin uji tekan pada pencekam atas mesin uji tekan.
3. Memasang spesimen aluminium pada mesin uji tekan.
4. Menjalankan mesin uji tekan.
5. Setelah terjadi deformasi, hentikan proses pembebanan secepatnya.
6. Melepaskan spesimen aluminium setelah ditekan.
7. Setelah selesai matikan mesin uji tekan. Mesin uji tekan ini berjalan secara manual, sehingga meskipun spesimen uji tekan mencapai batas optimal hingga patah, alat ini akan terus berjalan. Karenaitudiperlukan operator yang selalu berada di sisi mesin untuk mengontrol proses pengujian tekan. Melakukan proses yang sama dengan langkah di atas pada specimen 2, 3, 4, 5 dan 6.

### 3.6 Set Up Alat



Gambar 3.14 Set Up Alat

Keterangan

1. Motor listrik
2. Pompa *hidrolik*
3. Selang *hidrolik*
4. Kotak panel
5. Lcd
6. *Die*
7. Laptop
8. Spesimen
9. *Punch*
10. *Load cell*
11. *hidrolik*

**BAB 4**  
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### 4.1 Data Hasil Penelitian

##### 4.1.1 Data pengujian tekan pada spesimen aluminium dengan ketebalan 0,5 mm

$$P = \pi D_p t_0 (UTS) \left( \frac{D_0}{D_p} - 0,7 \right)$$

$$P = 3,14.88 \text{ mm} . 0,5 \text{ mm} . (124 \text{ MPa}) \left( \frac{107 \text{ mm}}{88 \text{ mm}} - 0,7 \right)$$

$$P = 17131,84 \text{ (0,52)}$$

$$P = 8908,55 \text{ Pa}$$

##### 4.1.2 Data pengujian tekan pada spesimen aluminium dengan ketebalan 0,6 mm

$$P = \pi D_p t_0 (UTS) \left( \frac{D_0}{D_p} - 0,7 \right)$$

$$P = 3,14.88 \text{ mm} . 0,6 \text{ mm} . (124 \text{ MPa}) \left( \frac{107 \text{ mm}}{88 \text{ mm}} - 0,7 \right)$$

$$P = 20558,208 \text{ (0,52)}$$

$$P = 10690,26 \text{ Pa}$$

Berikut adalah data-data hasil pengujian spesimen aluminium dengan ketebalan 0,5 mm dan 0,6 mm

Tabel 4.1 data hasil pengujian spesimen dengan ketebalan 0,5 mm dan 0,6 mm

No	Ketebalan	Gaya (N)	Tekanan (Pa)
1	0,5	3080	8905,55
2	0,6	3208	10690,26

Adapun gambar hasil pengujian spesimen aluminium dengan ketebalan 0,5 mm dan 0,6 mm, dapat dilihat dibawah ini :

- Spesimen Aluminium ketebalan 0,5 mm

Pada pengujian spesimen aluminium berdiameter 107 mm dengan ketebalan 0,5 mm didapatkan gaya sebesar 3080 N dan pada saat spesimen tercetak, maka diameter spesimen berubah menjadi 88,55 mm<sup>2</sup> dan memiliki kerutan. Dapat dilihat pada gambar 4.1



Gambar 4.1 gambar hasil pengujian spesimen 1 dengan ketebalan 0,5 mm

- Spesimen Aluminium ketebalan 0,6 mm

Pada pengujian spesimen aluminium berdiameter 107 mm dengan ketebalan 0,6 mm didapatkan gaya sebesar 3208 N dan pada saat specimen tercetak, maka diameter spesimen berubah menjadi adalah 88,70 mm<sup>2</sup> dan memiliki kerutan. Dapat dilihat pada gambar 4.2



Gambar 4.2 Gambar hasil pengujian spesimen 4 dengan ketebalan 0,6 mm

#### 4.2 Pengkalibrasian Dan Pengujian Kekuatan Tekanan

Pengukuran dan pengujian *load cell* dikatakan dengan melakukan kalibrasi terlebih dahulu untuk menentukan deviasi (penyimpangan) kebenaran nilai konvensional penunjukan suatu instrument alur ukur. Kalibrasi dilakukan dengan membandingkan hasil berat beban antara timbangan digital dan *load cell*. *Load cell* menggunakan tegangan 5 V yang bersumber dari Pin 5 V Arduino. Setelah kalibrasi berhasil selanjutnya adalah melakukan pengukuran dan pengujian *load cell* dengan membandingkan berat beban yang diterima antara sistem yang dibuat dengan timbangan digital.



Gambar 4.3 Kalibrasi Menggunakan Timbangan Analog

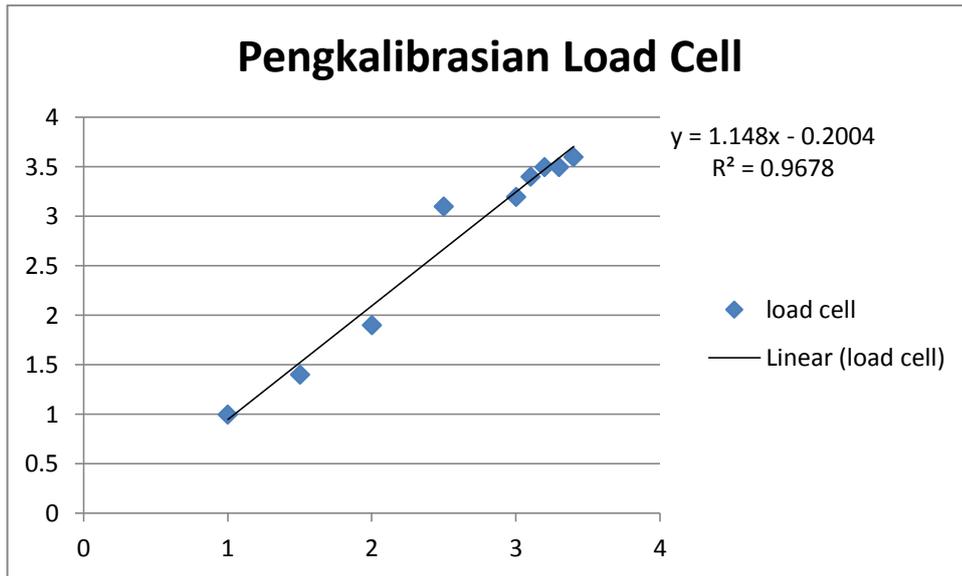
Gambar 3.7 merupakan prosedur pengujian kalibrasi *load cell* dengan timbangan digital. Proses kalibrasi dilakukan dengan menentukan skala atau beban yang akan di ukur. Beban yang di ukur untuk proses kalibrasi adalah 1 kg dan kalibrasi dengan berat terukur oleh *load cell* adalah 1 kg, sehingga di dapat persentase kesalahan sebesar 0 kg pada *load cell*.

Pengujian dilakukan dengan tujuan untuk mengkaji sifat-sifat dari suatu bahan. Pengujian sifat mekanis yang dilakukan pada penelitian ini ialah menguji kekuatan tekan. Pengujian kekuatan tekan dilakukan untuk mengetahui besarnya kekuatan tekan dari bahan aluminium. Pengujian dilakukan Dilaboratorium Program Study Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Tabel 4.2 Perbandingan berat beban pada timbangan digital dengan *load cell*

Berat original ( Kg )	Digital ( Kg )	Load Cell ( Kg )
-----------------------	----------------	------------------

		1,0
<b>1</b>	1,0	1,1
		1,2
		1,4
<b>1,5</b>	1,5	1,5
		1,6
		1,9
<b>2</b>	2,0	2,0
		2,1
		2,4
<b>2,5</b>	2,5	2,5
		3,1
<b>3</b>	3,0	3,2
		3,2
<b>3,1</b>	3,1	3,3
		3,4
<b>3,2</b>	3,2	3,5
		3,5
<b>3,3</b>	3,3	3,6
		3,6
<b>3,4</b>	3,4	3,7



Gambar 4.4 Pengkalibrasian *Load Cell*

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa gaya tekan pada mesin penekan pembentuk logam pada pembuatan tutup mangkok dengan bahan aluminium dengan menggunakan instrumen *load cell* yang dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknik UMSU (Universitas Muhammdiyah Sumatera Utara ) di dapatkan beberapa kesimpulan yaitu :

1. Berdasarkan hasil uji tekan aluminium penyebab terjadinya kerut pada dinding tutup mangkok dengan ketebalan 0,5 mm lebih banyak kerutan dan lipatan dibandingkan dengan ketebalan 0,6 mm, sehingga dapat disimpulkan maka semakin besar jarak celah antara specimen dengan dinding cetakan maka kerutan yang akan terjadi pada mangkok akan semakin besar, begitu juga sebaliknya, semakin kecil jarak celah antara specimen dengan dinding cetakan maka kerutan yang akan terjadi pada mangkok semakin kecil.
2. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, maka mendapatkan hasil dan perubahan pada ketebalan dinding tutup mangkok yang di akibatkan tekanan dan cetakan memiliki celah yang semakin berbeda akibat ketebalan spesimen yang besar. Pada cetakan jantan dan betina semakin tebal spesimen maka celah cetakan akan mengecil serta tekanan yang di berikan terhadap spesimen akan semakin besar dan sebaliknya.

#### 5.2 Saran

Dari hasil analisa gaya tekan pada mesin pembentukan logam pada pembuatan tutup mangkok dengan aluminium menggunakan instrumen *load cell*. Maka penulis menyarankan sebagai berikut :

1. Penulis menyarankan untuk lebih mempelajari lagi dalam menggunakan software *load cell* dalam menggambar dan menganalisa kalibrasi pada *load cell*.
2. Perlu dikaji ulang dalam pengujian cetakan tutup mangkok dalam menggunakan instrumen *load cell*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, Hasnan, S, 2006. *Mengenal Proses Deep Drawing*. Jakarta. Diambil pada 10 agustus 2019
- Eugene, D, Ostergaard., 1967. *Advanced Die Making*. Prentice Hall, New Jersey. Diambil 24 agustus 2019
- Hafizh, Abdul, 2009, *Aluminium Murni dan Paduannya*. Bogor: Institut Pertanian Bogor. Diambil 10 September 2019
- Kalpakjian, Serope, 2011, *Manufacturing Processes for Engineering Materials*, fourth edition, Addison Wesley, India. Diambil 22 Februari 2020
- Makalah gaya ( online : <http://niningdarsina.blogspot.com> ) Diakses 15 september 2019
- Marciniak, 2002, *Mechanics Of Sheet Metal Forming*, Butterworth-Heineman, London. Diambil 20 agustus 2019
- Mondelson, 1983, *Plasticity : Teory And Aplication*. Publishing Companies, Florida. Diambil 5 september 2019
- Sharma, P.C, 2002. *A Text Book of Production Engineering*. S. Chand and Company Ltd. New Delhi. Diambil 15 agustus 2019
- Surdia, T, & Saito, Shinroku, 2005, *Pengetahuan Bahan Teknik*. (cetakan keenam). Jakarta: Pradnya Paramita. Diambil 12 Agustus 2019

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

**Analisa Gaya Tekan Pada Mesin Penekan Pembentukan Logam Pada Pembuatan Tutup Mangkok Dengan Bahan Aluminium Menggunakan Instrumen Load Cell**

Nama : Habibullah Manullang

NPM : 1307230082

Dosen Pembimbing 1 : Khairul Umurani, S.T.,M.T

Dosen Pembimbing 2 : Dr. Rakhmad Arief Siregar, S.T.,M.Eng

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1	Selasa, 05-02-2019	Pemberian spesifikasi tugas	ke
2	Kamis, 21-02-2019	Perbincangan pembekuan	ke
3	Selasa, 19-02-2019	Perbincangan tugas 1 pustaka	ke
4	Kabu, 10-04-2019	Perbincangan Metode penelitian	ke
5	Kamis, 25-04-2019	lanjut ke pembuat 2	ke
6	Kabu, 14-08-2019	perbincangan metode	ke
7	Senin, 26-08-2019	perbincangan bab 9	ke
8	Kamis, 19-09-2019	perbincangan ke pemb. 1	ke
9	Jum'at, 04-09-2019	Ace, semua	ke



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

Bila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

**MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
**FAKULTAS TEKNIK**

Jalan Kapten Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - EXT. 12  
Website : <http://fatek.umsu.ac.id> E-mail : [fatek@umsu.ac.id](mailto:fatek@umsu.ac.id)

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN**  
**DOSEN PEMBIMBING**

Nomor : 320 /AL3AU/UMSU-07/F/2020

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 10 Februari 2020 dengan ini Menetapkan :

Nama : FAUZI RAHMAD  
Npm : 1307230050  
Program Studi : TEKNIK Mesin  
Semester : XIII ( Tiga Belas )  
Judul Tugas Akhir : KARAKTERISTIK GETARAN PADA PIRINGAN TUNGGAL  
AKIBAT PEMBERIAN MASSA PADA VARIASI JARI-JARI  
PIRINGAN TUNGGAL

Pembimbing I : KHAIRUL UMURANI ST. MT  
Pembimbing II : RAHMATULLAH ST. M.Sc .

Demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik Mesin
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di Medan pada Tanggal.

Medan, 16 Jumadil Akhir 1441 H

10 Februari 2020 M

Dekan



Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT

NIDN: 0101017202

Cc. File

**DAFTAR HADIR SEMINAR  
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK – UMSU  
TAHUN AKADEMIK 2019 – 2020**

Peserta Seminar  
 Nama : Habibullah Manullang  
 NPM : 1307230082  
 Judul Tugas Akhir : Analisa Gaya Tekan Pada Mesin Penekan Pembentukan Logam Pada Pembuatan Tutup Mangkok Dengan Bahan Aluminium menggunakan Instrumen Toal Cell.

DAFTAR HADIR		TANDA TANGAN	
Pembimbing – I	: Khairul Umurani.S.T.M.T	:	.....
Pembimbing – II	: DR.Rakhmad Aruef ,M.Eng	:	.....
Pembanding – I	: M.Yani.S.T.M.T	:	.....
Pembanding – II	: Chandra A Siregar.S.T.M.T	:	.....

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1507230205	REZA ELWANDRA HRP	.....
2	1507230178	DANA SETIAWAN	.....
3	1507230211	MHD. GHIFFARI YUZAN	.....
4	1507230091	SAHATA SARAGIH	.....
5	1507230191	MHD. NIZAL AHARI B	.....
6	1307230116	AEBAR RIZKY	.....
7	1507230123	M. NASIR HARAHAP	.....
8	1507230121	MUHAMMAD RIZKY	.....
9	1307230222	Amir Feryan Harahap	.....
10	1507230196	M. Fadhri	.....

Medan, 20 Jum.Akhir 1441 H  
14 Februari 2020 M

Ketua Prodi. T.Mesin



**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

---

AMA : Habibullah Manullang  
JPM : 1307230082  
idul T.Akhir : Analisis Gaya Tekan Pada Mesin Penekan Pembentukan Logam  
Pada Pembuatan Tutup Mangkok Dengan Bahan Aluminium  
Menggunakan Instrumen Toal Cell.

osen Pembimbing – I : Khairul Umurani.S.T.M.T  
osen Pembimbing – II : DR.Rakhdad Arief Srg.M.Eng  
osen Pembanding - I : M.Yani.S.T.M.T  
osen Pembanding - II : Chandra A. Siregar.S.T.M.T

**KEPUTUSAN**

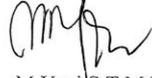
1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
  - ⊙ Perbaikan modul, analisis data, test dan kalibrasi
  - ⊙ test pd test
3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :  
.....  
.....  
.....

Mekkah 20 Jum. Akhir 1441 H  
11 Februari 2020 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T.Mesin

  
Affandi S.T.M.T

Dosen Pembanding- I

  
M. Yani S.T.M.T

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

---

NAMA : Habibullah Manullang  
NPM : 1307230082  
Judul T.Akhir : Analisis Gaya Tekan Pada Mesin Penekan Pembentukan Logam Pada Pembuatan Tutup Mangkok Dengan Bahan Aluminium Menggunakan Instrumen Toal Cell.

Dosen Pembimbing – I : Khairul Umurani.S.T.M.T  
Dosen Pembimbing – II : DR.Rakhmad Arief Srg.M.Eng  
Dosen Pemanding - I : M.Yani.S.T.M.T  
Dosen Pemanding - II : Chandra A Siregar.S.T.M.T

**KEPUTUSAN**

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain: *lihat buku tugas akhir*  
.....  
.....  
.....
3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :  
.....  
.....  
.....

Medan 20 Jum Akhir 1441 H  
11 Februari 2020 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T.Mesin

  
Affandi S.T.M.T



Dosen Pemanding- II

  
Chandra A Siregar.S.T.M.T

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### **DATA PRIBADI**

Nama : Habibullah Manullang  
Alamat : Jl. Budiluhur no 20, Pandan - Tapanuli Tengah  
Jenis kelamin : Laki – laki  
Agama : Islam  
Status : Belum Menikah  
Tempat dan Tgl. Lahir : Pandan, 12 Februari 1995  
Kewarganegaraan : Indonesia  
No.Telp : 081260363303

### **ORANG TUA**

Nama Ayah : Abdul Azis Simanullang  
Agama : Islam  
Nama Ibu : Nurhayani Nazara  
Agama : Islam  
Alamat : Jl. Budiluhur no 20, Pandan – Tapanuli Tengah

### **LATAR BELAKANG PENDIDIKAN**

2001-2007 : SD Negeri 157610 Pandan 2  
2007-2010 : SMP Negeri I Pandan, Tapanuli Tengah  
2010-2013 : SMK Swasta Muhammadiyah 11 Sibuluan  
2013-2020 : Tercatat Sebagai Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU)