

# ANALIS GAYA TEKAN MESIN PEMBENTUKAN LOGAM PADA PEMBUATAN TUTUP MANGKUK DENGAN BAHAN ALUMINIUM MENGGUNAKAN INSTRUMEN LOAD CELL

HABIBULLAH MANULLANG

<sup>1</sup>Fakultas Teknik,<sup>2</sup>Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (Jl. Kapten Mochtar Basri No.3, Glugur Darat II, Kec. Medan Tim., Kota Medan, Sumatera Utara 20238)

[habibullahmanulang@gmail.com](mailto:habibullahmanulang@gmail.com)

## 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

# **ANALYSIS OF COMPRESSION FORMING MACHINE METAL FORMING IN THE MANUFACTURING OF BOWL LIDS WITH ALUMINIUM USING LOAD CELL INSTRUMENTS**

## **ABSTRACT**

*In the manufacturing process, there are various processes including the compression force process. Compressive force is the force exerted by the plane on an object whose direction of the normal compressive force is perpendicular to the plane. Metal forming is the process of forming metal by using a compressive force to change the shape and size of the metal being worked on to fit the desired workpiece (metal formation) divided into several types, one of which is deep drawing. Deep Drawing is a metalworking process that is used to form a sheet or plate into a product by pressing the blank with a punch into the die cavity until the material flows into the mold. This study aims to analyze the compressive force that occurs. The method of this research is using deep drawing, and using Arduino software with a load cell sensor so that it can analyze the characteristics of aluminum with variations in thickness of 0.5 mm and 0.6 mm. Based on these results, it can be concluded that changes in the wall thickness of the bowl lid caused by pressure and the mold have increasingly different gaps due to the large thickness of the specimen. In punch and die molds, the thicker the specimen, the smaller the mold gap and the greater the pressure applied to the specimen and vice versa.*

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

## PENDAHULUAN

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 pembentukanya 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*

## TINJAUAN PUSTAKA

### **Sheet Metal Forming**

*Sheet metal forming* adalah proses pengubahan 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 pengubahan 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.

### **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 indek ketinggian, proses *deep drawing* mempunyai indek

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*,

### **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 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*.

### **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*, beberapa jenis produk (*draw piece*) hasil *deep drawing*.

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

a) *Punch*

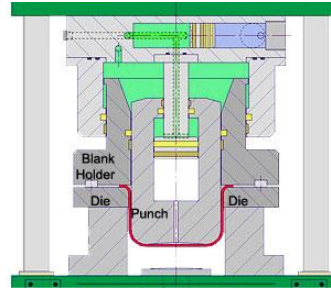
*Punch* merupakan bagian yang bergerak ke bawah untuk meneruskan gaya dari sumber tenaga sehingga *blank* tertekan ke bawah, bentuk *punch* disesuaikan dengan bentuk akhir yang diinginkan dari proses *drawing*, letak *punch* pada gambar 2.4. berada di atas *blank*, posisi dari *punch* sebenarnya tidak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

### 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, mangkuk, 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.

### 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 *straghtening*, 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* ( $\beta_{maks}$ ), batas maksimum  $\beta_{maks}$  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 Kelonggaran 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.

## 2.1 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 :

$A_i \cdot l_i = A_o \cdot l_o$  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

tingga , 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 Aluminium batang (*ingot*)

#### 2.4.1 Klasifikasi Aluminium

Aluminium secara garis besar terbagi menjadi dua bagian utama yaitu aluminium murni dan aluminium paduan

##### 1. Aluminium Murni

Aluminium 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. Aluminium paduan

Elemen paduan yang umum digunakan pada aluminium adalah silikon ,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

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

Adapun sifat sifat alumunium antara lain : ringan , tahan korosi , penghantar panas yang baik , penghantar listrik yang baik . sifat tahan korosi pada alumunium diperoleh karena terbentuknya lapisan oksida alumunium pada permukaan alumunium tersebut.

#### 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 silikon dan oksigen.

#### 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 bola akan 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

berjalan. 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 melompat maka kita akan jatuh lagi ke bumi. Jadi benda yang jatuh seperti penerjun yang melompat 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.

### 1.5.4. 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 :

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

## METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1.1 Tempat

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

### 3.1.2 Waktu

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

### Prosedur Pengujian

Pengujian ini melakukan uji tekan, adapun 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 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 pengecam 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.

#### 4.1 Data Hasil Penelitian

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

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

$$P =$$

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

$$P = 17131,84 (0,52)$$

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

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

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

$$P =$$

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

$$P = 20558,208 (0,52)$$

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

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 tertetak, 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 spesimen tertetak, 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

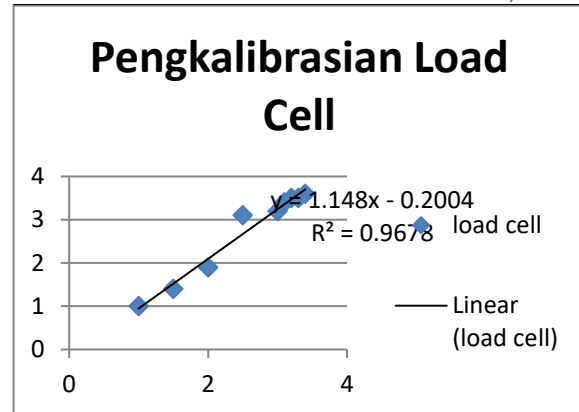
Gambar 3.7 merupakan prosedur pengujian kalibrasi *load cell* dengan timbangan digital. Proses kalibrasi dilakukan dengan menentukan skala atau beban yang akan di ukur. Beban yang di ukur untuk proses kalibrasi adalah 1 kg dan kalibrasi dengan berat terukur oleh *load cell* adalah 1 kg, sehingga di dapat 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 Di laboratorium 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	1,0	1,0
		1,1
		1,2
1,5	1,5	1,4
		1,5
		1,6
2	2,0	1,9
		2,0
		2,1
2,5	2,5	2,4
		2,5
		2,5
3	3,0	3,1
		3,2
		3,2
3,1	3,1	3,2
		3,3
		3,3
3,2	3,2	3,4
		3,4
		3,4

		3,5
3,3	3,3	3,5
		3,6
3,4	3,4	3,6
		3,7



Gambar 4.4 Pengkaliibrasian Load Cell

## 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.

## BUKU

Perkotaan DI. Studi permodelan bangkitan perjalanan di perkotaan. 3(April 2007):92-100.

Pemodelan P. Perencanaan & Pemodelan.

Suthanaya P. Pemodelan Tarikan Perjalanan Menuju Pusat Perbelanjaan Di Kabupaten Badung, Provinsi Bali. J Ilm Tek Sipil. 2010;14(2):103-112.

## JURNAL

Analisis Bangkitan Perjalanan Pada Perumahan Pemerintah Daerah (Pemda) Tingkat I Medan Tugas Akhir Diajukan Untuk Melengkapi Tugas-Tugas dan Memenuhi Syarat Untuk Menempuh Ujian Sarjana Teknik Sipil Disusun oleh: Benny Carnegie Purba Abstrak Universitas Sumatera Utara. 2017.

Ariani, R., & Riza, F. V. (2019, October). Peningkatan Derajat Kesehatan Melalui Sosialisasi Perilaku Hidup Bersih Dan Sehat Sejak Dini. In Prosiding Seminar Nasional Kewirausahaan (Vol. 1, No. 1, pp. 319-322).

Faisal, A. (2019). Influence of repeated earthquakes on the ductility demand of inelastic RC buildings. KUMPULAN JURNAL DOSEN UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA.

Frapanti, S., Asfiati, S., & Hadipramana, J. (2020). Pendampingan Legalitas Mutu Berstandart SNI Guna Meningkatkan Pendapatan Home Industri Batu Bata Di Desa Sido Urip Kecamatan Beringin Kabupaten Deli Serdang. JURNAL PRODIKMAS Hasil Pengabdian Kepada Masyarakat, 5(1), 41-46.

Frapanti, S. (2018). Analisa Portal yang Memperhitungkan Kekakuan Dinding Bata dari Beberapa Negara Pada Bangunan Bertingkat Dengan Pushover. Kumpulan Jurnal Dosen Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Frapanti, S., Asfiati, S., & Hadipramana, J. (2020). Pendampingan Legalitas Mutu Berstandart SNI Guna Meningkatkan Pendapatan Home Industri Batu Bata Di Desa Sido Urip Kecamatan Beringin Kabupaten Deli Serdang. JURNAL PRODIKMAS Hasil Pengabdian Kepada Masyarakat, 5(1), 41-46.

Gunawan, S., Hasan, H., & Lubis, R. D. W. (2020). Pemanfaatan Adsorben dari Tongkol Jagung sebagai Karbon Aktif untuk Mengurangi Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor. Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi, 3(1), 38-47.

Hadipramana, J., & Syahputra, J. (2021). PERBANDINGAN SIMULASI GAYA AKSIAL DAN LATERAL PLAIN WALL BETON RINGAN ANTARA CAMPURAN STYROFOAM DENGAN LAPISAN COATING DAN ABU SEKAM PADI DENGAN FLY ASH. PROGRESS IN CIVIL ENGINEERING JOURNAL, 1(2).

Hadipramana, J., & Syahputra, J. (2021). PERBANDINGAN SIMULASI GAYA AKSIAL DAN LATERAL PLAIN WALL BETON RINGAN ANTARA CAMPURAN STYROFOAM DENGAN LAPISAN COATING DAN ABU SEKAM PADI DENGAN FLY ASH. PROGRESS IN CIVIL ENGINEERING JOURNAL, 1(2).

Hadipramana, J., Aguslinar, A., Pratiwi, D. N., & Ginting, N. W. (2019, October). Program Pendampingan Remaja Terhadap Dampak Teknologi Digital Terhadap Gaya Hidup di Desa Sidodadi Ramunia, Kabupaten Deli Serdang. In Prosiding Seminar Nasional Kewirausahaan (Vol. 1, No. 1, pp. 378-383).

Harahap, M., Siregar, G., & Riza, F. V. (2021). Mapping The Potential Of Village Agricultural Social Economic Improvement Efforts In Lubuk Kertang Village Kecamatan Berandan Barat Kabupaten Langkat. JASc (Journal of Agribusiness Sciences), 4(1), 8-14.

Harahap, M., Nugraha, Y. T., Adam, M., & Nasution, M. S. (2021). Pengaruh Perubahan Variasi Eksitasi Tegangan Terhadap Daya Reaktif Pada Generator. RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro, 3(2), 71-76.

Jannah RM, Legowo SJ. Analisis Model Tarikan Pergerakan Pada Pabrik Di Kelurahan Purwosuman, Sidoharjo, Sragen, Jawa Tengah. Matriks Tek Sipil. 2013;1(3):24-26. <https://matriks.sipil.ft.uns.ac.id/index.php/MaTekSi/article/view/88>.

Jurusan A, Sipil T, Teknik F, et al. Analisa tarikan perjalanan kawasan perkantoran kabupaten konawe utara. 2013;1(3):235-246.

Kasus S, Kabupaten DI, Raya K, Widiarsih F, As S, Kadarini N. Analisis Model Tarikan Pergerakan kendaraan pada tempat wisata. :1-11.

Lubis, R. D. W., Syam, B., & Gunawan, S. (2020). Simulasi Respon Mekanik Komposit Busa Polimer Diperkuat Serat Tkks Dengan Variasi Konsentrasi Al2O3. Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi, 3(1), 29-37..

Nasution, A. R., Affandi, A., & Fuadi, Z. (2020). Pengaruh Cairan Pendingin Terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja Pada Proses Face Milling. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 3(1), 16-22

Sipil DT, Teknik F, Hasanuddin U. Analisis bangkitan tarikan pengunjung minimarket di kota makassar. 2017.

Siregar, C. A., & Affandi, A. (2021). Perancangan Mesin Pembuat Pelet Untuk Kelompok Pemuda Berkarya Kecamatan Pahae Jae Guna Meningkatkan Produktifitas Ikan. *JURNAL PRODIKMAS Hasil Pengabdian Kepada Masyarakat*, 4(2), 45-49.

Tanjung, I., Affandi, A., Huzni, S., & Fonna, S. (2020). Investigasi pengaruh jumlah elemen anoda terhadap distribusi potensial korosi pada beton bertulang menggunakan BEM 3D. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 3(1), 57-64.

Siregar, C. A., & Affandi, A. (2021). Perancangan Mesin Pembuat Pelet Untuk Kelompok Pemuda Berkarya Kecamatan Pahae Jae Guna Meningkatkan Produktifitas Ikan. *JURNAL PRODIKMAS Hasil Pengabdian Kepada Masyarakat*, 4(2), 45-49.

Zulkarnain, F., & Dewi, I. (2021). Bimbingan Dan Pelatihan Kepada Masyarakat Tentang Pembagian Harta Warisan Menurut Islam Di Ranting Tanjung Gusta Medan. *JURNAL PRODIKMAS Hasil Pengabdian Kepada Masyarakat*, 6(1), 70-81.

Zulkarnain, F., & Dewi, I. D. (2020). PKM Pembuatan Saluran Drainase Dusun li Jln Inpres Desa Tanjung Gusta Untuk Mengatasi Banjir. *JURNAL PRODIKMAS Hasil Pengabdian Kepada Masyarakat*, 5(1), 1-5.

Zulkarnain, F. (2021). KONTRAK, PETELITIAIN PENELITIAN TERAPAIN (PT) Tahun Anggaran 2018. KUMPULAN BERKAS KEPANGKATAN DOSEN.

Zulkarnain, F. (2021). KONTRAK PENELITIAN RISET TERAPAN/MATERIAL MAJU (PPT) TAHUN ANGGARAN 2017. KUMPULAN BERKAS KEPANGKATAN DOSEN.

Zulkarnain, F. (2021). SURAT PERJANJIAN PENUGASAN PELAKSANAAN HIBAH

PROGRAM IPTEK BAGI MASYARAKAT TAHUN ANGGARAN 2017. KUMPULAN BERKAS KEPANGKATAN DOSEN.

Zulkarnain, F. (2021). SURAT PERJANJIAN PENUGASAN PELAKSANAAN HIBAH PROGRAM IPTEK BAGI MASYARAKAT TAHUN ANGGARAN 2017. KUMPULAN BERKAS KEPANGKATAN DOSEN.