

TUGAS AKHIR

PENGARUH KETEBALAN PELAT *STAINLESS STEEL* TERHADAP GAYA TEKAN PADA PEMBENTUKAN LOGAM

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

Disusun Oleh:

ALHADI SYAFHARI
1407230281



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama: Alhadi Syaifan
NPM: 1401230281
Program Studi: Teknik Mesin
Judul Skripsi: Pengaruh Ketebalan Pelat Stasion Javel Terhadap Gaya Tekan Pada Pemisahan Logam
Bidang Ilmu: Konstruksi Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Pengaji 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, 21 Januari 2020

Mengesahkan dan menyetujui:

Dosen Pengaji I

Almad Maraldi Siregar, S.T., M.T

Dosen Pengaji II

Bekti Saroso, S.T., M.Eng

Dosen Pengaji III

Dr. Eng. Rakhmad Anef Siregar

Dosen Pengaji IV

Khairul Umamti, S.T., M.T

Program Studi Teknik Mesin
Kertua



S.T., M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Alhadi Syafhan
Tempat/Tanggal Lahir : Siliwangi/29 Juli 1995
NPM : 1401130281
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

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

"Pengaruh Ketebalan Pelat Sisi/lebar Steel Terhadap Gaya Tekan Pada Pembentukan Logam",

Bukan merupakan plagiasi, penjiwaan hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena bantuan material dan non-material, maupun segala kemungkinan lain, yang pada hakikatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

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

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

Medan, 21 Januari 2020

Saya yang menyatakan,



Alhadi Syafhan

ABSTRAK

Deep drawing merupakan salah satu pembentukan logam yang banyak digunakan untuk membentuk komponen otomotif, proses ini dilakukan dengan menekan pelat yang diletakan di atas permukaan sebuah cetakan sehingga pelat akan berubah bentuk sesuai dengan bentuk cetakannya, pembentukan lembar atau pelat logam sebuah proses yang bertujuan agar pelat atau material mengalami pembentukan tetap sehingga terbentuk komponen dari desain yang diinginkan, dalam proses pembentukan logam terdapat beberapa variabel proses keberhasilan dan kemaksimalan proses pembentukan logam dapat berlangsung salah satunya yaitu faktor gesekan dan penekanan, pada proses pembentukan logam gaya gesek selalu timbul karena adanya kontak antara benda kerja dengan penekanan selama berlangsungnya proses tersebut. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan sensor load cell yang digunakan untuk pengujian uji tekan kemudian punch di turunkan lalu didapatlah tekanan yang terjadi pada setiap spesimen, ketebalan pelat juga menjadi faktor yang perlu diperhatikan dalam proses penekanan dimana Semakin tebal pelat maka dibutuhkan gaya tekan yang semakin tinggi dalam proses penekanan tersebut. Dari hasil pengujian di dapatkan gaya tekan sebesar 1000 N pada kedalaman 20 mm dengan tebal pelat 0,3 mm, tekanan 2250 N pada kedalaman 30 mm dengan tebal pelat 0,3 mm, tekanan 3700 N pada kedalaman 40 mm dengan tebal pelat 0,3 mm tebal, dan pada ketebalan pelat 0,4 mm didapat gaya tekan sebesar 1550 pada kedalaman 20 mm, gaya tekan 2850 N pada kedalaman 30 mm, gaya tekan 4200 N pada ketebalan 40 mm.

Kata kunci : *Deep drawing*, *Stainless Steel*, Tebal pelat, Gaya tekan.

ABSTRACT

Deep drawing is one of the metal forming which is widely used to form automotive components, this process is done by pressing a plate that is placed on the surface of a mold so that the plate will change shape according to the shape of the mold, the formation of a sheet or metal plate a process that aims for the plate or the material undergoes permanent formation so that the components of the desired design are formed, in the process of metal forming there are several variables of the process of success and maximization of the metal forming process can take place one of them is the friction factor and emphasis, the friction force metal forming process always arises because of the contact between the work pieces with emphasis throughout the process. This research was conducted using a load cell sensor used for compressive test testing then the punch is lowered then the pressure that occurs in each specimen, plate thickness is also a factor that needs to be considered in the process of pressure where the thicker the plate the higher the compressive force needed in the emphasis process. From the test results we get a force of 1000 N at a depth of 20 mm with a plate thickness of 0.3 mm, a pressure of 2250 N at a depth of 30 mm with a plate thickness of 0.3 mm, a pressure of 3700 N at a depth of 40 mm with a plate thickness of 0.3 mm thick, and at a plate thickness of 0.4 mm obtained a compressive force of 1550 at a depth of 20 mm, a compressive force of 2850 N at a depth of 30 mm, a compressive force of 4200 N at a thickness of 40 mm.

Keywords: Deep drawing, Stainless Steel, Plate thickness, Compressive force.

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat 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 “Pengaruh Ketebalan Pelat *Stainless Steel* Terhadap Gaya Tekan Pada Pembentukan Logam” 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 terima kasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Dr. Eng, Rakhmad Arief Siregar, 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 Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini
3. Bapak Ahmad Marabdi Siregar S.T.,M.T, selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Bakti Suroso S.T.,M.Eng, selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Affandi S.T.,M.T, yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Munawar Alfansury Siregar S.T, M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik mesinan kepada penulis.
8. Terima Kasih banyak kepada Orang tua penulis Wandrizal Lubis dan Rosidah Matondang, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
9. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Terima kasih banyak kepada sahabat-sahabat penulis Muhammad Zuaib Aulia, Iman Rosyaidi, Ahmad Alfarobi, Ahmad Ridwan, Muhammad Habibi Pulungan, Muhammad Sukron Sitorus, Cristanto Tanto Sinaga, Ibrahim Rasid, Asril, Tondi Saputra, Basaraudin, M Nur Saputra, Teman-teman Seperjuangan C-1 Teknik Mesin Angkatan 2014 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 dunia konstruksi Mesin.

Medan, Februari 2020

Alhadi Syafhari

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	2
1.3. Ruang Lingkup	2
1.4. Tujuan Penelitian	2
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Pengertian <i>Deep Drawing</i>	4
2.2. Proses <i>Deep Drawing</i>	5
2.2.1. Komponen Utama <i>Die Set</i>	7
2.3. Variabel Proses <i>Deep Drawing</i>	8
2.4. <i>Stainless Steel</i>	10
2.5. Tori Elastisitas Dan Plastisitas Pelat	11
2.6. Tegangan	12
2.7. Regangan	13
2.8. Deformasi	13
2.9. Pertimbangan Pemilihan Material	15
2.9.1. <i>Stainless steel</i>	15
2.9.2. Aluminium	15
2.9.3. Kuningan (<i>Brass</i>)	16
2.10. Pengertian Gaya	16
2.10.1. Macam-macam Gaya	17
2.10.2. Gaya Membuat Benda Bergerak	19
2.10.3. Faktor Yang Mempengaruhi Berbagai Gerak Benda	21
2.10.4. Pengaruh Gaya Terhadap Gerak Benda	21
2.10.5. Pengaruh Gaya terhadap Bentuk Benda	23
2.10.6. Pengaruh Tebal Pelat	24
BAB 3 METODOLOGI	26
3.1 Tempat dan Waktu	26
3.2 Alat dan Bahan	27
3.2.1. Alat Yang Digunakan	27
3.2.2 Bahan	29

3.3	Diagram Alir	31
3.4	Prosedur Pengujian	32
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1	Hasil Pengujian Spesimen	35
4.1.1	Spesimen Sebelum Pengujian	35
4.1.2	Spesimen Sesudah Pengujian	38
4.2	Hasil Penelitian	42
4.2.1	Pengujian Pertama	42
4.2.2	Pengujian Kedua	42
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	46
5.1.	Kesimpulan	46
5.2.	Saran	46

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

LEMBAR ASISTENSI

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	: Jenis material dan kecepatan maksimal <i>draw dies</i>	10
Tabel 3.1	: Jadwal Dan Kegiatan Saat Melakukan Penelitian	26
Tabel 3.2	: Cara mengukur tekanan	33
Tabel 3.3	: Mencatat Hasil Penekanan Dengan Tebal Pelat 0,3 mm	34
Tabel 3.4	: Mencatat Hasil Penekanan Dengan Tebal Pelat 0,4 mm	34
Tabel 4.1	: Uji Tekan Dengan Tebal 0,3 mm	42
Tabel 4.2	: Uji Tekan Dengan Tebal 0,4 mm	42
Tabel 4.3	: Uji Tekan Dengan Tebal 0,3 mm	43
Tabel 4.4	: Uji Tekan Dengan Tebal 0,4 mm	43
Tabel 4.5	: Hasil Rata-rata Pengujian Tekan	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	: <i>Blank dan draw piece</i>	4
Gambar 2.2	: Proses <i>Deep Drawing</i>	6
Gambar 2.3	: Macam bentuk <i>draw piece</i>	7
Gambar 2.4	: <i>Cylindrical Drawing</i>	10
Gambar 2.5	: Diagram Tegangan-Regangan	14
Gambar 3.1	: Mesin <i>Deep Drawing</i> .	27
Gambar 3.2	: <i>Load Cell</i>	27
Gambar 3.3	: Jangka Sorong	28
Gambar 3.4	: Lcd	28
Gambar 3.5	: Gunting Pelat	29
Gambar 3.6	: Pelat Stainless Steel Tebal 0,3 mm	29
Gambar 3.7	: Pelat Stainless Steel Tebal 0,4 mm	30
Gambar 3.8	: Diagram Alir Penelitian	31
Gambar 3.9	: Pemasangan <i>Load Cell</i>	32
Gambar 3.10	: Lcd	32
Gambar 3.11	: Cetakan	33
Gambar 3.12	: Merekam Hasil Cetakan	34
Gambar 4.1	: Sebelum Diuji Pada Spesimen 1 tebal 0,3 mm	35
Gambar 4.2	: Sebelum Diuji Pada Spesimen 2 tebal 0,3 mm	35
Gambar 4.3	: Sebelum Diuji Pada Spesimen 3 tebal 0,3 mm	35
Gambar 4.4	: Sebelum Diuji Pada Spesimen 4 tebal 0,3 mm	36
Gambar 4.5	: Sebelum Diuji Pada Spesimen 5 tebal 0,3 mm	36
Gambar 4.6	: Sebelum Diuji Pada Spesimen 6 tebal 0,3 mm	36
Gambar 4.7	: Sebelum Diuji Pada Spesimen 7 tebal 0,4 mm	37
Gambar 4.8	: Sebelum Diuji Pada Spesimen 8 tebal 0,4 mm	37
Gambar 4.9	: Sebelum Diuji Pada Spesimen 9 tebal 0,4 mm	37
Gambar 4.10	: Sebelum Diuji Pada Spesimen 10 tebal 0,4 mm	38
Gambar 4.11	: Sebelum Diuji Pada Spesimen 11 tebal 0,4 mm	38
Gambar 4.12	: Sebelum Diuji Pada Spesimen 12 tebal 0,4 mm	38
Gambar 4.13	: Uji Tekan Spesimen 1 Kedalaman 20 mm Tebal 0,3 mm	39
Gambar 4.14	: Uji Tekan Spesimen 2 Kedalaman 20 mm Tebal 0,3 mm	39
Gambar 4.15	: Uji Tekan Spesimen 3 Kedalaman 30 mm Tebal 0,3 mm	39
Gambar 4.16	: Uji Tekan Spesimen 4 Kedalaman 30 mm Tebal 0,3 mm	39
Gambar 4.17	: Uji Tekan Spesimen 5 Kedalaman 40 mm Tebal 0,3 mm	40
Gambar 4.18	: Uji Tekan Spesimen 6 Kedalaman 40 mm Tebal 0,3 mm	40
Gambar 4.19	: Uji Tekan Spesimen 7 Kedalaman 20 mm Tebal 0,4 mm	40
Gambar 4.20	: Uji Tekan Spesimen 8 Kedalaman 20 mm Tebal 0,4 mm	40
Gambar 4.21	: Uji Tekan Spesimen 9 Kedalaman 30 mm Tebal 0,4 mm	41
Gambar 4.22	: Uji Tekan Spesimen 10 Kedalaman 30 mm Tebal 0,4 mm	41
Gambar 4.23	: Uji Tekan Spesimen 11 Kedalaman 40 mm Tebal 0,4 mm	41
Gambar 4.24	: Uji Tekan Spesimen 12 Kedalaman 40 mm Tebal 0,4 mm	41
Gambar 4.25	: Grafik Rata-rata Tekanan Dari Pengujian Pertama Dan Kedua	44

DAFTAR NOTASI

Notasi		Satuan
ϵ_{eng}	= <i>Engineering strain</i>	(MPa)
F	= gaya	(N)
A_0	= Luas permukaan awal	(mm ²)
σ	= True stress	(MPa)
Δl	= Perubahan panjang	(mm)
l_0	= Panjang mula-mula	(mm)
l	= Panjang setelah diberi gaya	(mm)
P	= Beban	
(N)		
A	= Luas permukaan	(mm ²)
L	= Panjang awal	
(mm)		
E	= Modulus Elastisitas	
(N/m ²)		
P	= Tekanan	
(N/m ²)		
A	= Luas bidang tekan	(mm ²)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Salah satu proses yang digunakan untuk mengetahui sifat mampu bentuk material yaitu dengan proses penekanan. Gaya tekan adalah gaya yang di berikan oleh bidang pada benda yang arah gaya tekan normal selalu tegak lurus terhadap bidang. *Metal forming* merupakan suatu 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. Dalam proses *stretching* terdapat beberapa variabel proses keberhasilan dan kemaksimalan proses *stretching* dapat berlangsung salah satunya yaitu faktor gesekan dan penekanan, pada proses *stretching* gaya gesek selalu timbul karena danya kontak antara benda kerja dengan penekanan selama berlangsungnya proses tersebut. Selain itu ketebalan pelat juga menjadi faktor yang perlu diperhatikan dalam proses penekanan dimana Semakin tebal pelat maka dibutuhkan gaya tekan yang semakin tinggi dalam proses penekanan tersebut (Abdillah, 2008).

Stainless steel terbuat dari campuran Besi, Krom, Karbon, Nikel, Molibdenum dan sejumlah kecil logam lainnya. Dalam *stainless* kandungan Krom tidak boleh kurang dari 11%. Banyak faktor yang akan mempegaruhi cacat produk dalam proses produksinya. *Stainless steel* juga tahan terhadap korosi, daya hantar panasnya cukup baik dan juga baik digunakan sebagai wadah makanan, jika menggunakan material seng maka besar kemungkinan karat yang ada pada material tersebut akan menyatu dengan makanan sehingga tidak baik bila dikonsumsi.

Deep Drawing merupakan salah satu proses pembentukan logam yang banyak digunakan untuk membentuk komponen otomotif, proses ini dilakukan dengan menekan pelat yang diletakan di atas permukaan sebuah cetakan sehingga pelat akan berubah bentuk sesuai dengan bentuk cetakannya. Pembentukan lembar atau pelat logam sebuah proses yang bertujuan agar pelat atau material mengalami pembentukan tetap sehingga terbentuk komponen dari desain yang diinginkan. Industri baja di Indonesia merupakan salah satu bagian penting dalam industri

manufaktur yang saat ini dikembangkan terutama dari segi kuantitatif dan kualitatif produk baja yang dihasilkan.

Maka dari itu penulis melakukan penelitian menggunakan mesin *deep drawing* bagaimanakah pengaruh ketebalan pelat *stainless steel* dengan ketebalan 0,3 dan 0,4 terhadap tekanan yang diberikan oleh mesin *deep drawing*.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang yang telah diuraikan maka rumusan Masalah didalam penelitian ini adalah

1. Bagaimana pengaruh ketebalan pelat *stainless steel* dengan ketebalan 0,3 dan 0,4 terhadap tekanan yang diberikan oleh mesin pembentukan logam (*deep drawing*).
2. Ketebalan manakah yang mendapatkan tekanan tertinggi pada proses pembentukan logam dengan pelat *stainless steel*.

1.3. Ruang Lingkup

Pada penulisan penelitian ini ada beberapa pembatasan ruang lingkup agar penelitian ini lebih terarah dan sistematis, antara lain :

1. Membahas mengenai pembentukan logam atau pelat dengan menggunakan mesin pembentuk logam (*deep drawing*).
2. Membahas tekanan yang terjadi pada bahan *stainless steel* setelah melakukan penekanan.
3. Bahan yang digunakan adalah *stainless steel* dengan ketebalan 0,3 mm dan 0,4 mm.

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah

1. Untuk mengetahui pengaruh tebal pelat *stainless steel* dengan ketebalan pelat 0,3 mm dan 0,4 mm terhadap gaya tekan pada pembentukan logam
2. Untuk mengetahui ketebalan manakah yang mendapatkan tekanan tertinggi pada pembentukan logam dengan pelat *stainless steel*

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian analisa gaya tekan ini adalah :

1. Dengan dilakukannya penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang luas serta mengembangkan pola pikir tentang penggunaan pelat *stainless steel* menggunakan mesin *deep drawing* yang kemudian mampu memberikan gagasan inovasi yang lebih baik.
2. Sebagai suatu penerapan pada pembelajaran tentang gaya tekan pada mesin penekan.
3. Menambah pengetahuan dan wawasan tentang teori gaya tekan dan pengaruh tebal pelat *stainless steel* pada pembentukan logam.

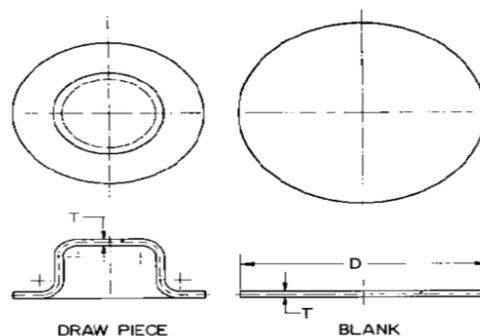
BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian *Deep Drawing*

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

Perbedaan *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*. Selain itu terdapat proses produksi yang berbeda dengan proses *drawing* tetapi juga diberi istilah *drawing*, proses tersebut berupa penarikan, seperti pada pembuatan beberapa jenis bentuk kawat, untuk membedakan kedua proses tersebut (penarikan dan pembuatan bentuk silinder) beberapa ahli memberikan istilah yang lebih khusus, yaitu *rod drawing* atau *wire drawing* untuk proses pembentukan kawat. Pembahasan ini akan mengenalkan lebih lanjut tentang proses *drawing*, proses *drawing* yang dimaksudkan dalam artikel ini adalah proses *drawing* yang mempunyai kesamaan arti dengan *deep drawing* bahan dasar dari proses *drawing* adalah lembaran logam (*sheet metal*) yang disebut dengan *blank*, sedangkan produk dari hasil proses *drawing* disebut dengan *draw piece*, seperti pada gambar (2.1).



Gambar 2.1 : *Blank* dan *draw piece*

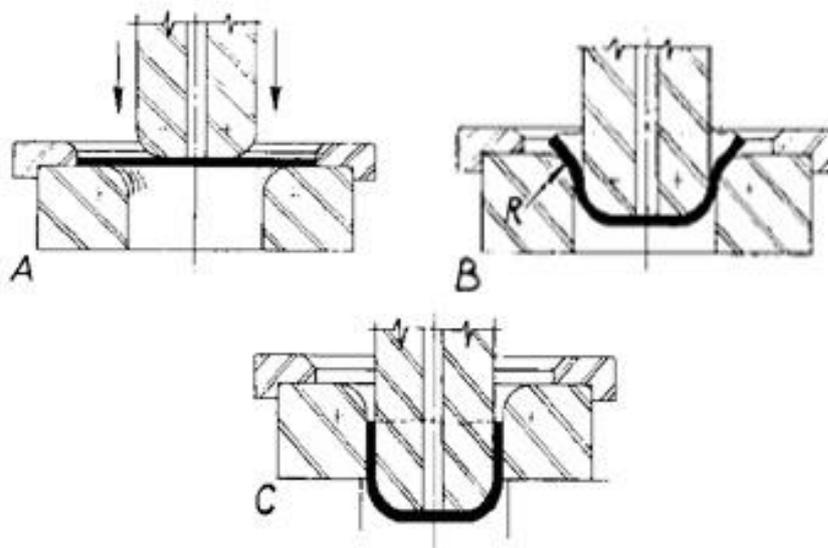
Deep drawing pada intinya merupakan satu jenis proses produksi namun terdapat beberapa ahli yang membedakan dengan indeks ketinggian, proses *deep drawing* mempunyai indeks ketinggian yang lebih besar dibandingkan dengan *drawing*. Bahan dasar dari proses *deep drawing* adalah lembaran logam (*sheet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

2.2. 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 berbebagai 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*
(D. Eugene Ostergaard ;1967 : 128)

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

a) Kontak Awal

Pada gambar 2.2.A, punch bergerak dari atas ke bawah, blank dipegang oleh blank holder agar tidak bergeser ke samping, kontak awal terjadi ketika bagianbagiandari 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*

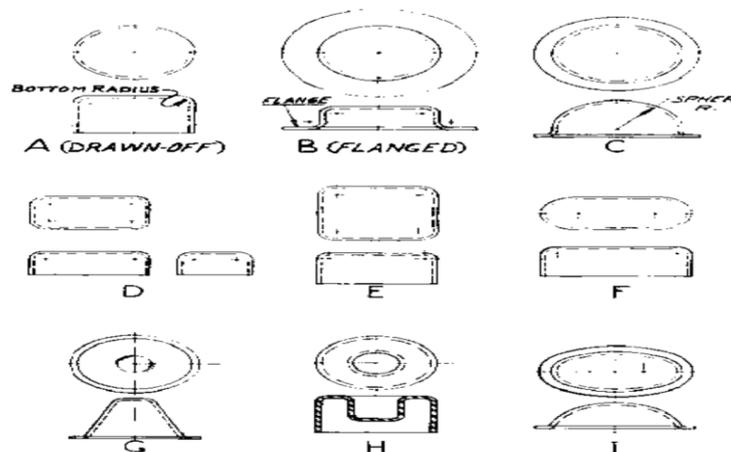
Proses *compression* terjadi ketika *punch* bergerak ke bawah, akibatnya blank tertarik untuk mengikuti gerakan dari *punch*, daerah blank yang masih berada pada *blank holder* akan mengalami *compression* arah radial mengikuti bentuk dari *die*.

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*.

2.2.1. Komponen Utama *Die Set*

Proses *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 dalam juga mempunyai bentuk khusus, proses pembentukan berarti adalah proses *non cutting* logam. Produk yang dihasilkan dari *drawing* bervariasi tergantung dari desain *die* dan *punch*, menunjukkan beberapa jenis produk (*draw piece*) hasil *drawing*, seperti pada gambar (2.3).



Gambar 2.3 :Macam bentuk *draw piece*

2.3. 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 :

1. 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.

2. 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.

3. 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.

4. 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) 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 :

1. 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

2. Drawability

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

3. 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*.

4. Keuletan logam semakin ulet lembaran logam *blank* semakin besar kemampuan *blank* untuk dibentuk kedalam bentuk yang beraneka ragam dan tidak mudah terjadi sobek pada saat proses penekanan, keuletan logam yang kecil mengakibatkan *blank* mudah sobek.

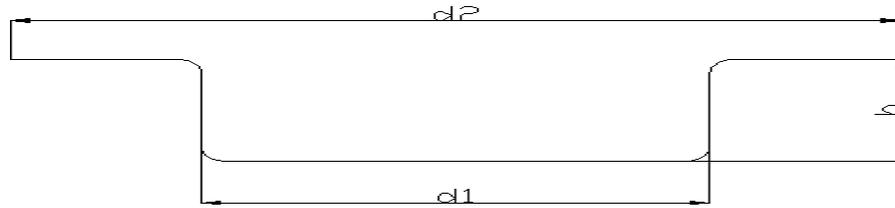
5. Tegangan Maksimum material

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.

c). 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. Kombinasi dari *drawing*, aliran material dan *handling* pada proses pembentukan material sehingga bentuk jadi tidak akan menimbulkan masalah selama proses, agar tidak terjadi kekurangan material.

Berikut adalah rumus untuk mencari ukuran blank yang terdapat bahu (flange) seperti pada gambar (2.4).



Gambar 2.4. *Cylindrical Drawing*

d). 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. Tabel berikut adalah kecepatan maksimal beberapa jenis material yang biasa digunakan untuk *sheet metal drawing*.

Tabel 2.1. Jenis material dan kecepatan maksimal draw dies

Material	Kecepatan
Alumunium	0,762m/s
Brass	1,02 m/s
Copper	0,762m/s
Stainless	0,230m/s

Sumber: (D. Eugene Ostergaard ;1967 :131)

2.4. *Stainless Steel*

Stainless steel adalah baja paduan yang memiliki sifat ketahanan korosi (karat), sehingga secara luas digunakan dalam industry kimia, makanan dan minuman, industri yang berhubungan dengan air laut dan semua industri yang memerlukan ketahanan korosi.

Stainless merupakan baja paduan yang mengandung sedikitnya 11,5% krom berdasar beratnya. *Stainless steel* memiliki sifat tidak mudah terkorosi sebagaimana logam baja yang lain. *Stainless steel* berbeda dari baja biasa dari

kandungan kromnya. Baja karbon akan terkorosi ketika diekspos pada udara yang lembab. Besi oksida yang terbentuk bersifat aktif dan akan mempercepat korosi dengan adanya pembentukan oksida besi yang lebih banyak lagi. Stainless steel memiliki persentase jumlah krom yang memadai sehingga akan membentuk suatu lapisan pasif kromium oksida yang akan mencegah terjadinya korosi lebih lanjut.

Untuk memperoleh ketahanan yang tinggi terhadap oksidasi biasanya dilakukan dengan menambahkan krom sebanyak 13 hingga 26 persen. Lapisan pasif chromium (III) oxide (Cr_2O_3) yang terbentuk merupakan lapisan yang sangat tipis dan tidak kasatmata, sehingga tidak akan mengganggu penampilan dari *stainless steel* itu sendiri. Dari sifatnya yang tahan terhadap air dan udara ini, *stainless steel* tidak memerlukan suatu perlindungan logam yang khusus karena lapisan pasif tipis ini akan cepat terbentuk kembali ketika mengalami suatu goresan. Peristiwa ini biasa disebut dengan pariasi, yang dapat dijumpai pula pada logam lain misalnya aluminium dan titanium.

Ada berbagai macam jenis dari *stainless steel*. Ketika nikel ditambahkan sebagai campuran, maka stainless steel akan berkurang kegetasannya pada suhu rendah. Apabila diinginkan sifat mekanik yang lebih kuat dan keras, maka dibutuhkan penambahan karbon. Sejumlah unsur mangan juga telah digunakan sebagai campuran dalam stainless steel. Stainless steel juga dapat dibedakan berdasarkan struktur kristalnya menjadi: *austenitic stainless steel*, *ferritic stainless steel*, *martensitic stainless steel*, *precipitation-hardening stainless steel*, dan *duplex stainless steel* (Sumarji, 2011).

2.5. Tori Elastisitas Dan Plastisitas Pelat

Hal-hal 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 ke seimbangan. Gaya luar pada proses penarikan, tekanan, pemotongan, penempaan,

pengerolan, dan pembengkokan, akan mengakibatkan material mengalami tegangan.

Sebuah pelat 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 bebanyang diberikan dilepas. Plat tidak akan terjadi deformasi permanendisebabkan karena gaya elastis plat. Hal ini yang disebut sifat elastisitas material. Peningkatan beban yang melebihi kekuatan luluh (*yield strength*) yang dimiliki plat akan mengakibatkan alirandeformasi plat dimana plat tidak akan kembali ke bentuk sepertisemula 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 pelat mengakibatkan aliran deformasi permanen yang disebut plastisitas. Teori plastis terbagi menjadi dua kategori:

1. Teori fisik

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

2. Teori matematis

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

2.6. Tegangan

Tegangan adalah besaran pengukuran intensetas 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 :

$$\sigma_{eng} = \frac{F}{A_0} \quad (2.1)$$

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

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \quad (2.2)$$

2.7. Regangan

Regangan didefinisikan sebagai perubahan ukuran atau bentuk material dari panjang awal sebagai hasil dari gaya yang menarik atau yang menekan pada material. Apabila suatu spesimen struktur material diikat pada jepitan mesin penguji dan diberikan beban serta terjadi pertambahan panjang, dan perubahan panjang mengalami perubahan panjang secara serempak, maka dapat digambarkan pengamatan pada grafik dimana ordinat menyatakan beban atau gaya yang diberikan pada pengujian tarik dan absis menyatakan pertambahan panjang.

Batasan sifat elastis perbandingan regangan dan tegangan akan linier dan berakhir sampai pada titik mulur. Hubungan tegangan dan regangan tidak lagi linier pada saat material mencapai pada batasan fase sifat plastis.

Menurut Marciniak (2002) regangan dibedakan menjadi dua, yaitu : *engineering strain* dan *true strain*. *Engineering strain* adalah regangan yang dihitung menurut dimensi benda aslinya (panjang awal). Sehingga untuk mengetahui besarnya regangan yang terjadi adalah dengan membagi perpanjangan dengan panjang semula.

$$\varepsilon_{eng} = \frac{l - l_0}{l_0} \times 100\% = \frac{\Delta l}{l_0} \times 100\% \quad (2.3)$$

2.8. Deformasi

Deformasi atau perubahan bentuk terjadi apabila bahan dikenai gaya. Selama proses deformasi berlangsung bahan menyerap energi sebagai akibat adanya gaya yang bekerja. Sebesar apapun gaya yang bekerja pada bahan, bahan akan mengalami perubahan bentuk dan dimensi. Perubahan bentuk secara fisik pada benda dibagi menjadi dua, yaitu deformasi plastis dan deformasi elastis. Penambahan beban pada bahan yang telah mengalami kekuatan tertinggi tidak

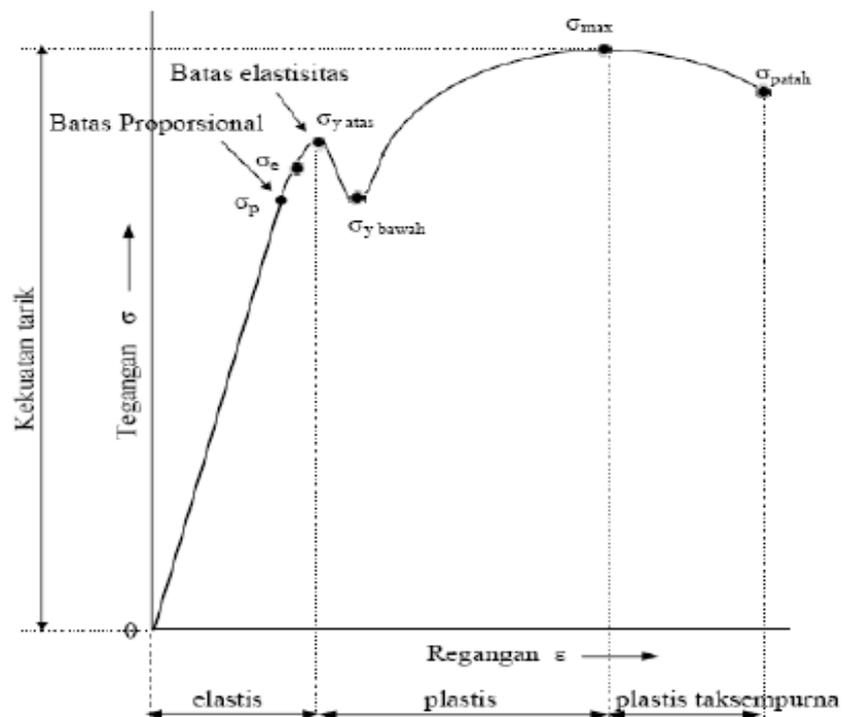
dapat dilakukan, karena pada kondisi ini bahan telah mengalami deformasi total. Jika beban tetap diberikan maka regangan akan bertambah dimana material seakan menguat yang disebut dengan penguatan regangan (*strain hardening*) yang selanjutnya benda akan mengalami putus pada kekuatan patah (Singer, 1995).

Hubungan tegangan-regangan dapat dituliskan sebagai berikut :

Sehingga deformasi (δ) dapat diketahui :

$$\delta = \frac{PxL}{Ax E} \quad (2.4)$$

Pada awal pembebanan akan terjadi deformasi elastis sampai pada kondisi tertentu bahan akan mengalami deformasi plastis. Pada awal pembebanan bahan di bawah kekuatan luluh bahan akan kembali ke bentuk semula, hal ini dikarenakan sifat elastis bahan. Peningkatan beban melebihi kekuatan luluh (*yield point*) yang dimiliki plat akan mengakibatkan aliran deformasi plastis sehingga pelat tidak akan kembali ke bentuk semula, hal ini dikarenakan sifat elastis bahan. Peningkatan beban melebihi kekuatan luluh (*yield point*) yang dimiliki plat akan mengakibatkan aliran deformasi plastis sehingga plat tidak akan kembali ke bentuk semula, hal ini bisa dilihat dalam diagram tegangan-regangan berikut :



Gambar 2.5. Diagram Tegangan-Regangan

Menurut Z. Marcianak, J.L.Duncan, S.J, Hu, 2002, *Mechanich of Sheet Metal Forming*, LaserWord Private Limited, Chennai, India.

2.9. Pertimbangan Pemilihan Material

Dalam penelitian ini penulis akan mempergunakan beberapa material yang akan di tekan dengan pertimbangan sebagaiberikut :

2.9.1. *Stainless Steel*

Baja adalah material rancang-bangun yang paling utama, dan meliputi suatu cakupan yang luas untuk campuran logam besi dan karbon. Kekuatan besi karbon campuran logam, terutama sekali setelah perlakuan panas. Baja modern dan campuran logam mengandung besi sudah banyak berkembang sejak Revolusi Industri.

Baja tahan-karat, baja lebih mahal secara khas berisi 25% Unsur logam pelapis Krom dan Nikel, yang memberi hambatan karat sempurna dan juga ketangguhan dan kekuatan tinggi (yang digunakan untuk pisau, pabrik kimia dan alat-alat medis).

Kelebihan *Stainless steel* :

- a. Kekuatan tinggi dengan ketangguhan baik
- b. Kekakuan tinggi
- c. Kebanyakan Sangat murah
- d. Mudah untuk dibentuk
- e. Mudah untuk memateri/menyatukan, tetapi tidak semudah baja karbon.
- f. Mudah untuk mendaur ulang

Kelemahan *Stainless steels* :

- a. Kepadatan tinggi
- b. Lemah daya elektrik dan keterhantaran termal

2.9.2. Aluminium

Aluminium mentah mempunyai kekuatan rendah dan keliatan tinggi (yang ideal untuk kertas perak). Kekuatan meningkat dengan campuran logam, contoh : dengan Si, Mg, Cu, Zn.

Aluminium sangat reaktif, tetapi dapat melindungi dirinya sendiri secara efektif dengan suatu lapisan oksidasi tipis/encer. Permukaannya dapat berupa "anodised", untuk menghambat karatan dan untuk memberi efek hias.

Kelebihan Aluminium:

- a. Kekuatan tinggi untuk perbandingan berat
- b. Kekakuan tinggi untuk perbandingan berat
- c. Konduktivitas listrik tinggi dan keterhantaran termal
- d. Mudah untuk dibentuk
- e. Mudah untuk mendaur ulang

Kelemahan Aluminium :

- a. Sulit untuk dilakukan pengelasan.

2.9.3. Kuningan (*Brass*)

Kuningan adalah campuran logam seng dan tembaga yang mahal, campuran logam, perlakuan panas memberinya banyak kekuatan lebih baik dibanding tembaga, tetapi dengan hambatan karatannya baik (Mohammad Yusa' Shofiyanto, 2009).

Kelebihan kuningan :

- a. Kekuatan tinggi
- b. Karatan bersifat menghambat
- c. Mudah untuk dibentuk

Kelemahan kuningan :

- a. Sangat mahal

2.10. Pengertian 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.

2.10.1. 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 non magnetis. 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.

2.10.2. 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.

3. Gaya tekan

Gaya tekan adalah sebuah istilah fisika yang digunakan untuk menyatakan besarnya gaya per satuan luas. Perlu diperhatikan bahwa gaya yang dimaksud disini adalah gaya yang tegak lurus dengan permukaan dari suatu objek. Tekanan biasanya digunakan untuk mengukur kekuatan dari suatu zat yang berupa cairan atau gas. Untuk zat padat jarang digunakan istilah tekanan karena zat pada bentuk dan volumenya tidak berubah-ubah. Tekanan juga sering dihubungkan dengan volume dan suhu. Semakin tinggi tekanan di suatu tempat yang volumenya sama, maka suhu pada tempat tersebut juga akan semakin tinggi. Satuan Internasional (SI) untuk tekanan adalah Pascal (Pa), pascal ini sama dengan newton per meter persegi (N/m^2).

Semakin besar gaya yang diberikan maka akan semakin besar pula tekana yang dihasilkan dan semakin kecil gayanya maka semakin kecil tekanannya. Sebaliknya, semakin besar luas tekan maka akan semakin kecil tekanan yang dihasilkan.

$$P = \frac{F}{A} \quad (2.5)$$

Poin penting yang harus diperhatikan adalah penentuan luas bidang tekan. Bidang tekan adalah bidang yang mendapat tekanan atau bersentuhan langsung dengan gayanya. Sesuai dengan rumus diatas, luas bidang sentuh sangat mempengaruhi besaran tekanan yang dihasilkan.

Semakin luas bidang tekan maka akan semakin besar tekanan yang dihasilkan. Sebagai contoh, kita dapat dengan mudah memasang paku yang runcing dari padapaku yang tumpul. Hal itu terjadi karena paku yang runcing memiliki luas bidang tekan yang lebih kecil sehingga dengan gaya yang sama dihasilkan tekanan yang lebih besar (<https://www.scribd.com/doc/2607380000/Makalahh-Gaya-Dan-Tekanan>).

2.10.3. Faktor Yang Mempengaruhi Berbagai Gerak Benda

Adapun factor 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.

2.10.4 . 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 spidometer. 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.

2.10.5. 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.

2.10.6. Pengaruh Tebal Pelat

Semakin tebal pelat maka dibutuhkan gaya tekan yang semakin tinggi dalam proses penekanan tersebut. Selain itu ketebalan blank juga menjadi faktor yang perlu diperhatikan dalam proses *stretching*. Proses *stretching* adalah salah satu metode metal forming yang digunakan untuk melihat sifat mampu bentuk material melalui proses penekanan dan menghasilkan lengkungan penampang dari sheet. (Abdillah, 2008).

Gaya tekan yang dibutuhkan sebanding dengan tebal blank dikarenakan tinggi atau rendahnya nilai *tensile strength* dipengaruhi oleh luas permukaan material (Boedisoesetyo, 2006).

Adapun hubungan antara gaya gesek dengan gaya tekan, dimana semakin

besar gaya gesek maka gaya tekan yang dibutuhkan pada proses *stretching* semakin besar (Abdillah, 2008).

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu

Tempat pembuatan mesin pembentuk logam dilaksanakan di bengkel bubut karya mandiri. Dan proses pengujian mesin pembentuk logam dilaksanakan di, kampus Univesitas Muhammadiyah Sumatea Utara. Jl Kapten Mukhtar Basri. No.3 Glugur Darat II, Medan Timur.20238.

Waktu pembelian bahan dan pembuatan mesin pencetak logam dimulai dari tanggal 27 April 2018 s/d 7 November 2018.

Tabel 3.1 : Jadwal dan kegiatan saat melakukan penelitian

No	Kegiatan	Ags	Sep	Okt	Nov	Des	Jan
1	Mulai						
2	Studi literature						
3	Persiapan material dan peralatan						
5	Pembuatan benda uji						
6	Pengujian tekan						
7	Pengolahan data						
8	Hasil						
9	Seminar dan sidang						

3.2. Alat dan Bahan

3.2.1. Alat Yang Digunakan

Alat yang digunakan dalam pengujian ini terdiri dari :

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 dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Mesin *Deep Drawing*.

2. *Load Cell*

Sensor *load cell* merupakan sensor yang dirancang untuk mendeteksi tekanan atau berat sebuah beban dan merupakan komponen utama pada system timbangan digital. Dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 *Load Cell*

3. Jangka Sorong

Jangka sorong merupakan alat yang digunakan untuk mengukur panjang dan ketebalan sebuah benda specimen dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Jangka Sorong

4. LCD

LCD (*liquid crystal display*) adalah suatu perangkat elektronik yang dapat digunakan untuk menampilkan nilai hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 LCD

5. Gunting

Gunting ini berfungsi untuk memotong atau menggunting spesimen yang akan diuji dapat dilihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Gunting Pelat

3.2.2. Bahan

1. Pelat *Stainless Steel* Tebal 0,3 mm

Berfungsi sebagai *traiload bank* atau spesimen yang akan diuji pada pembentukan logam dengan mesin *deep drawing* dapat dilihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.6. Pelat *stainless steel* tebal 0,3 mm

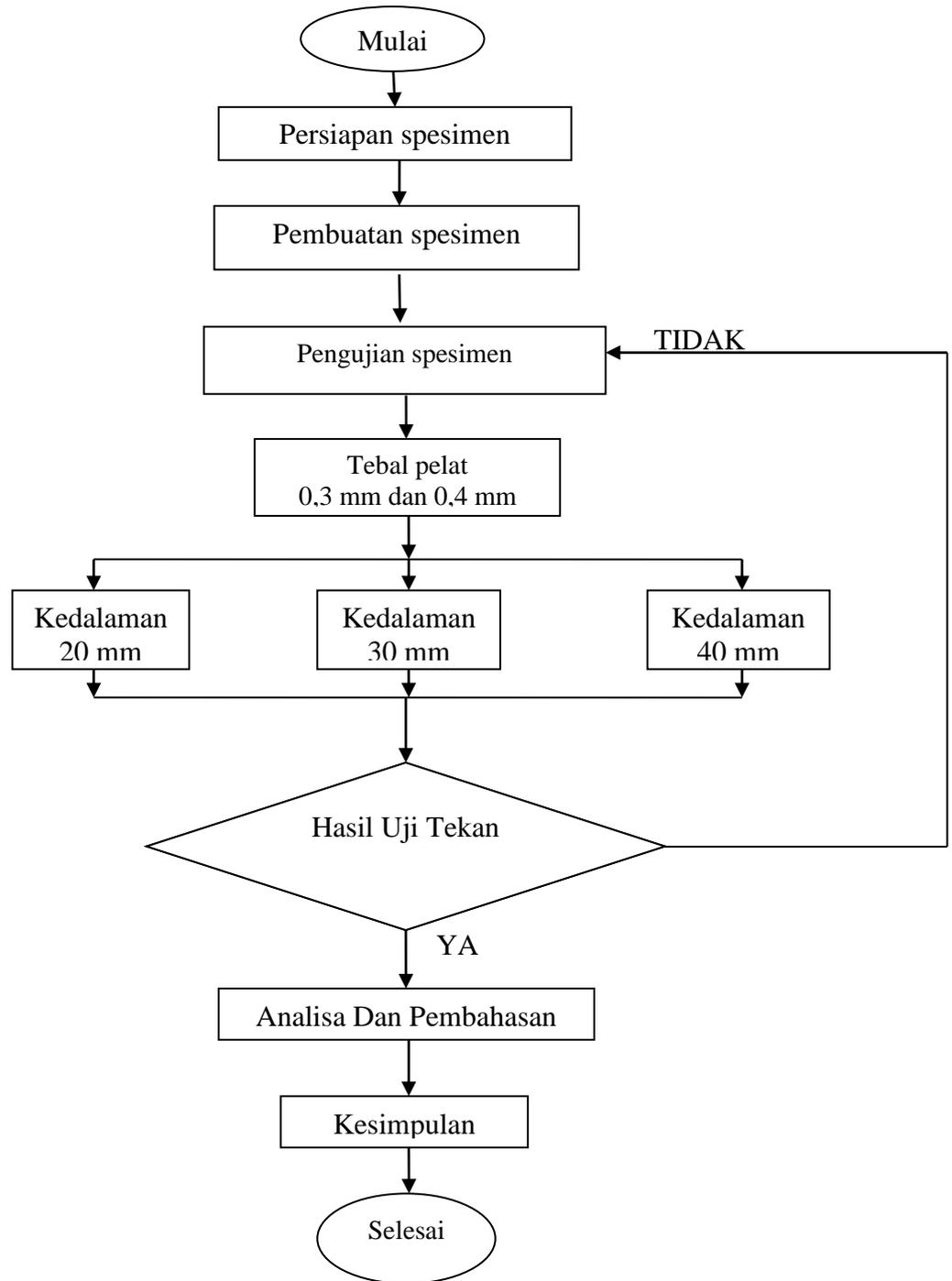
2. Pelat *Stainless Steel* Tebal 0,4 mm

Berfungsi sebagai *triload bank* atau spesimen yang akan diuji pada pembentukan logam dengan mesin *deep drawing* dapat dilihat pada gambar 3.7



Gambar 3.7. Pelat *stainless steel* tebal 0,4 mm

3.3. Diagram Penelitian



Gambar 3.8 Diagram Alir Penelitian

3.4. Prosedur Pengujian

Adapun prosedur pengujian ini dilakukan untuk mengetahui gaya tekan yang terjadi pada saat pengujian adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan spesimen pelat *stainless steel* dengan mempunyai 2 ketebalan yaitu 0,3 mm dan 0,4 mm
2. Menggantung spesimen *stainless steel* dengan diameter 180 mm dengan ketebalan 0,3 mm dan 0,4 mm.
3. Pemasangan sensor *load cell* dapat dilihat pada gambar 3.9.



Gambar 3.9. Pemasangan *Load cell*

4. Menghubungkan lcd ke *load cell* dapat dilihat pada gambar 3.10.



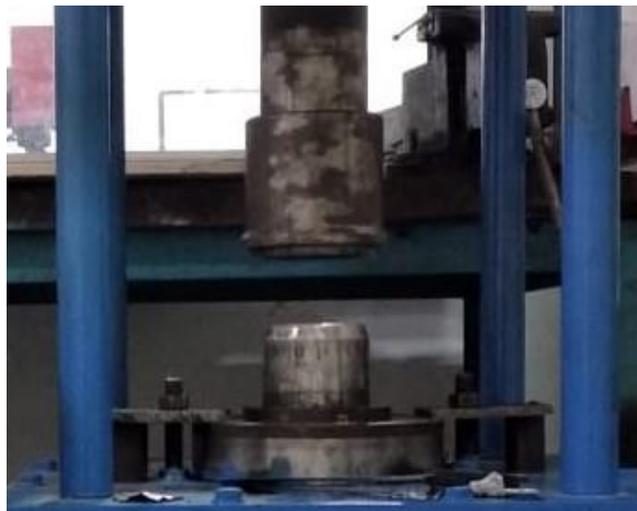
Gambar 3.10 Lcd

5. Menyalakan mesin *deep drawing*.
6. Melakukan pengukuran kedalaman tekanan sebelum pengujian dengan cara yaitu:
 1. Mengukur dan memberi tanda pada cetakan dengan kedalaman 20 mm , 30 mm dan 40 mm menggunakan jangka sorong
 2. Melakukan penekanan kosong
 3. Menghidupkan stopwatch saat menyentuh cetakan kemudian didapatlah waktu (sekon) pada penekanan kedalaman 20 mm, 30 mm dan 40 mm dapat dilihat pada tabel 3.1

Tabel 3.2. Cara mengukur kedalaman tekanan

No	Kedalaman (mm)	Waktu (s)
1	20	5
2	30	7
3	40	10

7. Meletakkan spesimen pada cetakan dengan ketebal 0,3 dan 0,4 dapat dilihat pada gambar 3.11.



Gambar 3.11 Cetakan

8. Melakukan pengujian untuk pengambilan data pada spesimen *stainless steel* dengan ketebalan 0,3 mm, kedalaman 20 mm, 30 mm dan 40 mm.
9. Melakukan pengujian untuk pengambilan data pada spesimen *stainless steel* dengan ketebalan 0,4 mm. kedalaman 20 mm, 30 mm dan 40 mm.
10. Rekam tekanan yang dihasilkan dari dapat dilihat pada gambar 3.12.



Gambar 3.12. Merekam hasil penekanan

11. Mencatat hasil dari perekaman tekanan dengan tebal pelat 0,3 mm dapat dilihat pada tabel 3.2

Tabel 3.3. Mencatat hasil penekanan

No	Kedalaman (mm)	Tebal Pelat (mm)	Gaya Tekan (N)
1	20	0,3
2	30	0,3
3	40	0,3

12. Mencatat hasil dari perekaman tekanan dengan tebal pelat 0,4 mm dapat dilihat pada tabel 3.3

Tabel 3.4. Mencatat hasil penekanan

No	Kedalaman (mm)	Tebal Pelat (mm)	Gaya Tekan (N)
1	20	0,4
2	30	0,4
3	40	0,4

13. Setelah selesai melakukan pengujian spesimen matikan mesin *deep drawing* dan rapikan serta bersihkan mesin kembali.

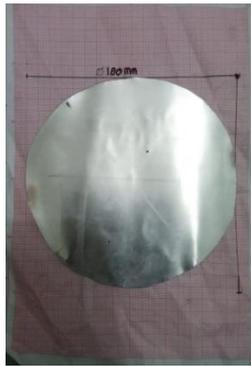
BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

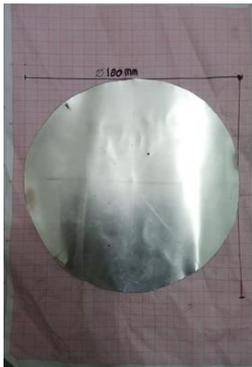
4.1 Hasil Pengujian Spesimen

4.1.1 Spesimen sebelum pengujian

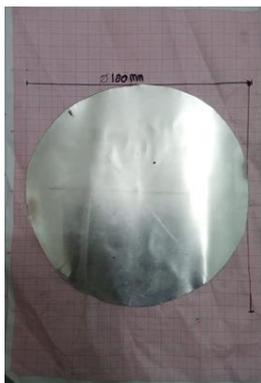
Bentuk spesimen sebelum pengujian menggunakan pelat *stainless steel* dengan ukuran tebal 0.3 mm diametr 180 mm sebanyak 6 lembar, dapat dilihat pada gambar 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 dan 4.6



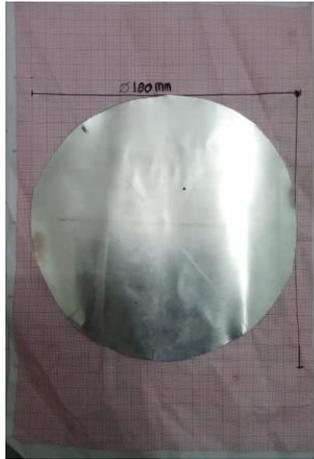
Gambar 4.1 Sebelum diuji pada spesimen 1 tebal 0,3 mm



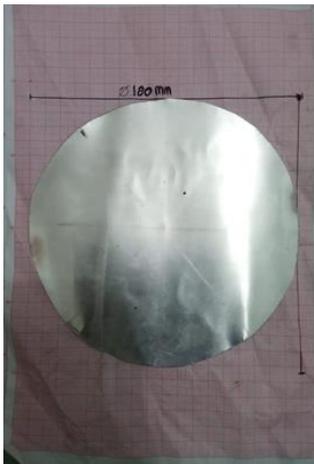
Gambar 4.2 Sebelum diuji pada spesimen 2 tebal 0,3 mm



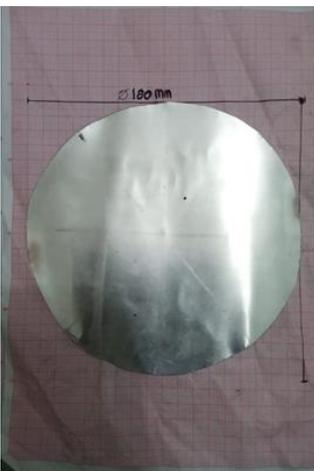
Gambar 4.3 Sebelum diuji pada spesimen 3 tebal 0,3 mm



Gambar 4.4 Sebelum diuji pada spesimen 4 tebal 0,3 mm

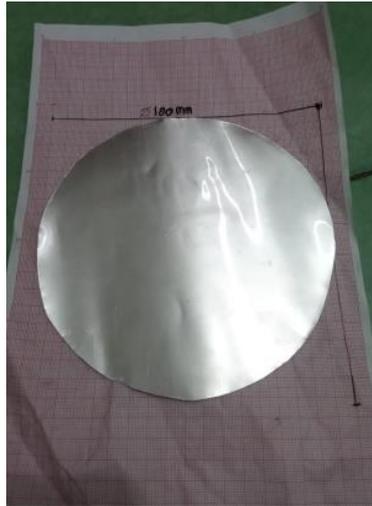


Gambar 4.5 Sebelum diuji pada spesimen 5 tebal 0,3 mm

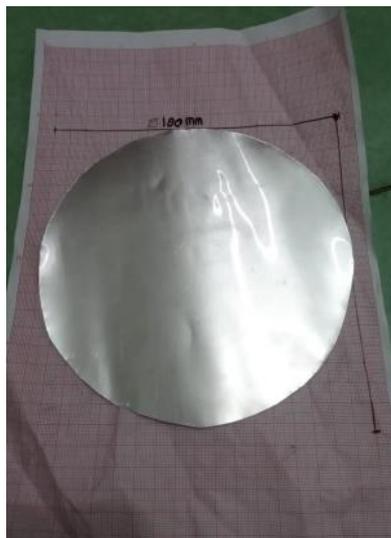


Gambar 4.6 Sebelum diuji pada spesimen 6 tebal 0,3 mm

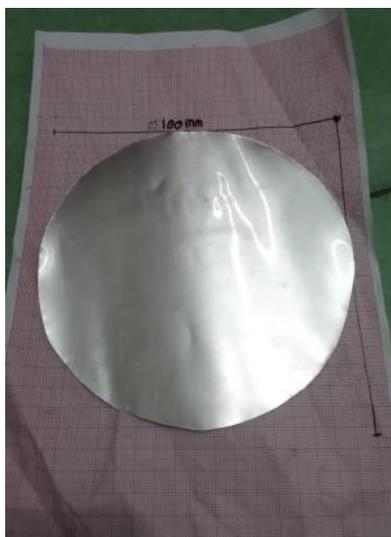
Bentuk spesimen sebelum pengujian menggunakan pelat *stainless steel* dengan ukuran tebal 0.4 mm diametr 180 mm sebanyak 6 lembar, dapat dilihat pada gambar 4.7, 4.8, 4.9, 4.10, 4.11 dan 4.12.



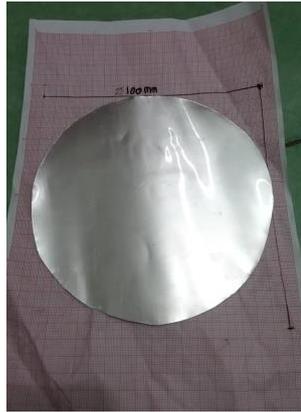
Gambar 4.7 Sebelum diuji pada spesimen 7 tebal 0,4 mm



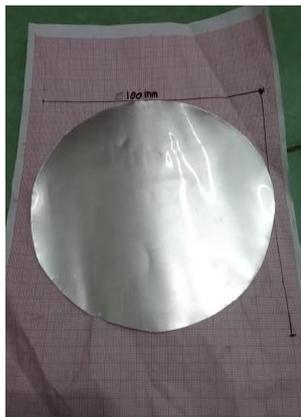
Gambar 4.8 Sebelum diuji pada spesimen 8 tebal 0,4 mm



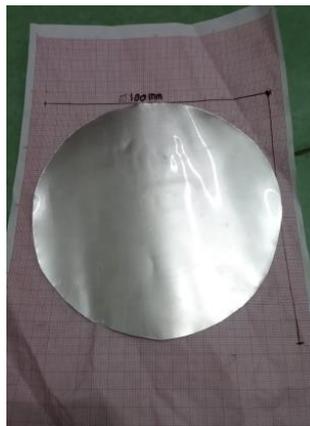
Gambar 4.9 Sebelum diuji pada spesimen 9 tebal 0,4 mm



Gambar 4.10 Sebelum diuji pada spesimen 10 tebal 0,4 mm



Gambar 4.11 Sebelum diuji pada spesimen 11 tebal 0,4 mm



Gambar 4.12 Sebelum diuji pada spesimen 12 tebal 0,4 mm

4.1.2 Spesimen Sesudah Pengujian

Bentuk spesimen sesudah dilakukan pengujian dengan tebal pelat 0,3 mm pada material *stainless steel* mengalami perubahan bentuk diameter menjadi 88 mm dan memiliki kerutan dan lipatan dapat dilihat pada gambar 4.13, 4.14, 4.15, 4.16, 4.17 dan 4.18.



Gambar 4.13 Hasil uji tekan pada spesimen 1 kedalaman 20 mm tebal 0,3 mm



Gambar 4.14 Hasil uji tekan pada spesimen 2 kedalaman 20 mm tebal 0,3 mm



Gambar 4.15 Hasil uji tekan pada spesimen 3 kedalaman 30 mm tebal 0,3 mm



Gambar 4.16 Hasil uji tekan pada spesimen 4 kedalaman 30 mm tebal 0,3 mm



Gambar 4.17 Hasil uji tekan pada spesimen 5 kedalaman 40 mm tebal 0,3 mm



Gambar 4.18 Hasil uji tekan pada spesimen 6 kedalaman 40 mm tebal 0,3 mm

Bentuk spesimen sesudah dilakukan pengujian dengan tebal pelat 0,4 mm pada material *stainless steel* mengalami perubahan bentuk diameter menjadi 90 mm dan memiliki kerutan dan lipatan dapat dilihat pada gambar 4.19, 4.20, 4.21, 4.22, 4.23 dan 4.24



Gambar 4.19 Hasil uji tekan pada spesimen 7 kedalaman 20 mm tebal 0,4 mm



Gambar 4.20 Hasil uji tekan pada spesimen 8 kedalaman 20 mm tebal 0,4 mm



Gambar 4.21 Hasil uji tekan pada spesimen 9 kedalaman 30 mm tebal 0,4 mm



Gambar 4.22 Hasil uji tekan pada spesimen 10 kedalaman 30 mm tebal 0,4 mm



Gambar 4.23 Hasil uji tekan pada spesimen 11 kedalaman 40 mm tebal 0,4 mm



Gambar 4.24 Hasil uji tekan pada spesimen 12 kedalaman 20 mm tebal 0,4 mm

Dari hasil pengujian tekan pada spesimen dapat disimpulkan bahwa pelat dengan ketebalan 0,3 mm memiliki kerutan dan lipatan, lipatan yang terjadi pada pelat tebal 0,3 mm sebanyak 6 lipatan hal ini di karenakan tekanan yang diberikan pada pelat 0,3 mm lebih rendah dibandingkan dengan pelat tebal 0,4 mm,

kemudian pada tebal pelat 0,4 mm memiliki lipatan sebanyak 6 lipatan hal ini karena pelat 0,4 mm memiliki tekanan lebih tinggi dibanding kan dengan pelat ketebalan 03 mm. Kemudian pada kedalaman 40 mm lebih banyak kerutan dan lipatan dibanding pada kedalaman 30 mm dan 20 mm hal ini di karenakan semakin dalam spesimen yang akan dibuat maka semakin banyak kerutan dan lipatan yang terjadi, lipatan ini terjadi pada dinding spesimen kerutan dan lipatan ini juga di akibat dari cetakan yang kuarang rata.

4.2 Hasil Penelitian

4.2.1 Pengujian Pertama

Berikut adalah hasil setelah dilakukan pengujian tekan pada pelat *stainless steel* dengan tebal pelat 0,3 mm

Table 4.1 Uji tekan pada pelat *stainless steel* denga tebal pelat 0,3 mm.

No	Kedalaman (mm)	Tebal Pelat (mm)	Gaya Tekan (N)
1	20	0,3	900
2	30	0,3	2100
3	40	0,3	3800

Pada tabel 4.1 data hasil pengujian tekan dengan ketebalan pelat 0,3 mm di dapatlah hasil hasil tekanan tertinggi yaitu pada kedalaman 40 mm dengan gaya tekan 3800 N.

Berikut adalah hasil setelah dilakukan pengujian tekan pada pelat *stainless steel* dengan tebal pelat 0,4 mm.

Table 4.2 Uji tekan pada pelat *stainless steel* denga tebal pelat 0,3 mm.

No	Kedalaman (mm)	Tebal Pelat (mm)	Gaya Tekan N
1	20	0,3	1100
2	30	0,3	2400
3	40	0,3	3600

Pada tabel 4.3 data hasil prengujian tekan di dapatlah hasil tekana yang tertinggi yaitu pada kedalaman 40 mm dengan gaya di dapat 3600 N.

4.2.2 Pengujian kedua

Berikut adalah hasil setelah dilakukan pengujian tekan pada pelat *stainless steel* dengan tebal pelat 0,3 mm

Table 4.3 Uji tekan pada pelat *stainless steel* dengan tebal pelat 0,3 mm.

No	Kedalaman (mm)	Tebal Pelat (mm)	Gaya Tekan
1	20	0,4	1500
2	30	0,4	2800
3	40	0,4	4300

Pada tabel 4.2 data hasil dari pengujian tekan dengan ketebalan yang berbeda sehingga didapat tekanan tertinggi yaitu pada kedalaman 40 mm dengan tebal 0,4 mm dengan gaya tekan 4300 N.

Berikut adalah hasil setelah dilakukan pengujian tekan pada pelat *stainless steel* dengan tebal pelat 0,4 mm

Table 4.4 Uji tekan pada pelat *stainless steel* dengan tebal pelat 0,3 mm.

No	Kedalaman (mm)	Tebal Pelat (mm)	Gaya Tekan (N)
1	20	0,4	1600
2	30	0,4	2900
3	40	0,4	4100

Pada tabel 4.3 dan 4.4 data hasil pengujian didapat tekanan yang tertinggi yaitu pada kedalaman 40 mm dengan gaya tekan yang didapat adalah 4100 N

Dari hasil pengujian pertama dan kedua didapat tekanan rata-rata sebagai berikut:

Rata-rata untuk tebal pelat 0,3 mm

Kedalaman 20 mm dengan ketebalan pelat 0,3 mm

$$900 + 1100 \div 2 = 1000$$

Hasil rata rata uji tekan didapat sebesar 1000 N

Kedalaman 30 mm dengan ketebalan pelat 0,3 mm

$$2100 + 2400 \div 2 = 2250$$

Hasil rata rata uji tekan didapat sebesar 2250 N

Kedalaman 40 mm dengan ketebalan pelat 0,3 mm

$$3800 + 3600 \div 2 = 3700$$

Hasil rata rata uji tekan didapat sebesar 3700 N

Rata rata untuk tebal pelat 0,4 mm

Kedalaman 20 mm dengan ketebalan pelat 0,4 mm

$$1500 + 1600 \div 2 = 1550$$

Hasil rata rata uji tekan didapat sebesar 1500 N

Kedalaman 30 mm dengan ketebalan pelat 0,4 mm

$$2800 + 2900 \div 2 = 2850$$

Hasil rata rata uji tekan didapat sebesar 2850 N

Kedalaman 40 mm dengan ketebalan pelat 0,4 mm

$$4300 + 4100 \div 2 = 4200$$

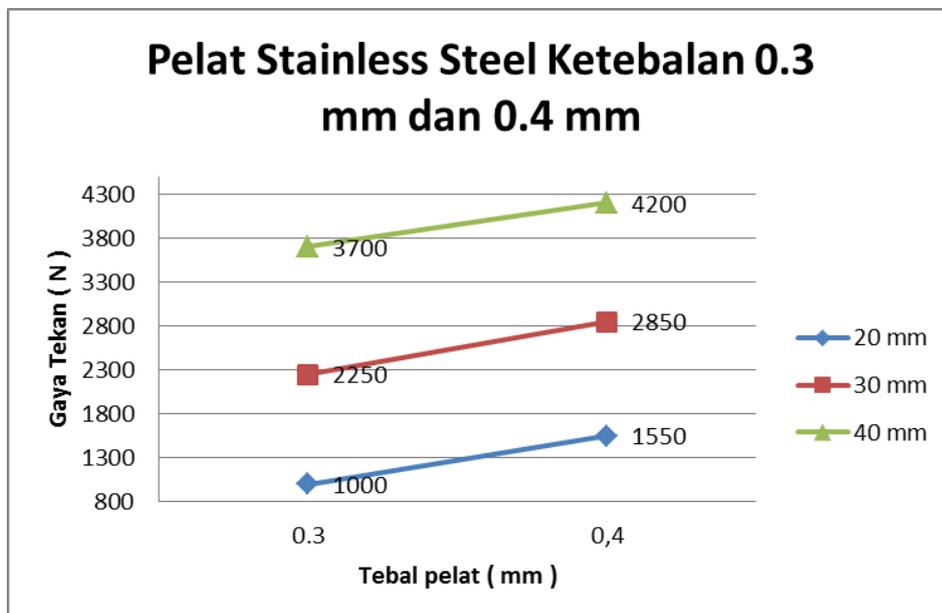
Hasil rata rata uji tekan didapat sebesar 4200 N

Berikut adalah hasil rata-rata setelah dilakukan pengujian tekan pada pelat *stainless steel* kemudian dibuat dalam bentuk tabel.

Table 4.5 hasil rata-rata setelah dilakukan pengujian tekan pada pelat *stainless steel*

No	Kedalaman (mm)	Tebal Pelat (mm)	Gaya Tekan (N)
1	20	0,3	1000
2	30	0,3	2250
3	40	0,3	3700
4	20	0,4	1550
5	30	0,4	2850
6	40	0,4	4200

Kemudian hasil rata-rata dari pengujian pertama dan kedua dibuat dalam bentuk grafik dapat dilihat pada gambar 4.25



Gambar 4.25 Grafik rata-rata tekanan dari pengujian pertama dan kedua

menunjukkan bahwa menaikkan nilai tekan dapat mengurangi cacat kerut dan lipatan pada dinding spesimen, grafik 4.5 menunjukkan apabila tekanannya makin besar maka cacat kerut dan lipatan berkurang, tetapi jika tekanan terlalu besar akan menyebabkan sobekan (fracture).

Berdasarkan hasil dari gambar grafik 4.5 didapat tekanan yang tertinggi yaitu pada kedalaman spesimen 40 mm tebal pelat 0,4 mm dengan gaya tekan di dapat 4200 N, pada kedalaman 20 mm dengan tebal pelat 0,3 mm di dapat lipatan sebanyak 6 lipatan pada dinding, kedalaman 30 mm dengan tebal pelat 0,3 mm di dapat lipatan sebanyak 6 lipatan pada dinding spesimen, kedalaman 40 mm dengan tebal pelat 0,3 mm di dapat lipatan sebanyak 6 lipatan pada dinding spesimen. Kemudian pada kedalaman 20 mm dengan tebal pelat 0,4 mm didapat lipatan sebanyak 4 lipatan pada dinding spesimen, kedalaman spesimen 30 mm dengan tebal pelat 0,4 mm didapat lipatan sebanyak 4 lipatan pada dinding spesimen, kedalaman 40 mm dengan tebal pelat 0,4 mm di dapat lipatan sebanyak 4 lipatan pada dinding spesimen.

Proses penekanan dilakukan hingga pelat sampai terbentuk dan mengalami kerutan dan lipatan. Kerutan dan lipatan yang terjadi disebabkan konsentrasi tegangan yang terpusat pada daerah kontak antara pelat dengan *punch*.

ketebalan pelat secara dominan mempengaruhi proses penekanan, dimana semakin tebal pelat maka dibutuhkan gaya penekan yang lebih besar. Dari hasil pengujian ini didapatlah pengaruh ketebalan pelat yaitu pada ketebalan 0,3 mm karena lebih banyak kerutan dan lipatan Selain itu ketebalan blank juga menjadi faktor yang perlu diperhatikan dalam proses pembentukan logam.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil uji tekan pada pelat *stainless steel* dengan ketebalan 0,3mm dan 0,4 mm , apabila semakin tebal pelat maka dibutuhkan gaya tekan yang semakin tinggi dalam proses penekanan tersebut.
2. Pada pelat tebal 0,3 mm lebih banyak kerutan dan lipatan dibandingkan dengan ketebalan 0,4 hal ini terjadi karena adanya perbedaan tekanan, dimana pada spesimen ketebalan 0,4 mendapat gaya tekan lebih besar dan menghasilkan kerutan lebih sedikit kerutan dan lipatan.
3. Dari hasil pengujian di dapatkan gaya tekan sebesar 1000 N pada kedalaman 20 mm dengan tebal pelat 0,3 mm, tekana 2250 N pada kedalaman 30 mm dengan tebal pelat 0,3 mm, tekanan 3700 N pada kedalaman 40 mm dengan tebal pelat 0,3 mm tebal, dan pada ketebalan pelat 0,4 mm didapat gaya tekan sebesar 1550 pada kedalaman 20 mm, gaya tekan 2850 N pada kedalaman 30 mm, gaya tekan 4200 N pada ketebalan 40 mm.
4. Gaya tekan tertinggi yaitu 4200 N pada ketetebal pelat 0,4 mm dengan kedalaman 40 mm.

5.2. Saran

1. Disarankan ada yang melanjutkan alat ini tentang pengambilan spesimen yang lengket pada *punch* setelah melakukan pengujian penekanan.
2. Disarankan ada yang melanjutkan alat ini tentang penjepitan pada spesimen supaya saat pengujian spesimen tidak bergeser saat ditekan

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, F. (2008) Mengatasi Gejala *Earing* pada proses *deep drawing*, *TRAKSI*, **8**, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Semarang.
- Ahmad Hasnan, S, 2006. “*Mengenal Proses Deep Drawing*”, jakarta.
- Bayu, K.(2019) Analisa Gaya Tekan Pada Mesin Penekan Pembentuk Logam Pada Pembuatan Tutup Mangkok Dengan Bahan Pelat Besi Menggunakan *Instrumen Load Cell*, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Boedisoesetyo, E. (2006) Nilai Koefisien Pengerasan Regangan dan Anisotropi Normal Tembaga, *ROTASI*, **8**, Teknik Mesin POLINES
- Eugene D. Ostergaard, 1967. “*Advanced Die Making*”, Prentice Hall, New Jersey.
- Marciniak.Z, J.L Duncan, S.J. Hu, 2002, *Mechanics of Sheet Metal Formin*, Laser Work Private Limited, Chennai, India.
- Riyadi Widodo, Hastomo Budi: 2014 Simulasi *proses deep drawing Stainless Steel* Dengan *Sofwere ABAQUES*.
- Sharma, P.C 2001, “*A Text Book of Production Engineering*’ S, Chand and Company Ltd, New Delhi.
- Shofyanto, Muhammad Yusa: 2009 *Simulasi Proses Deep Drawing* Dengan Pelat Jenis *Tailored Blank*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Singer, F.L., dan Andrew Pytel, 1995 *Ilmu kekuatan Bahan (Teori Kokoh Strenght Of Material)* alih bahasa Darwin sebayang, edisi II, Erlangga, Jakarta.
- Sumarji: 2011 Studi Perbandingan Ketahanan Korosi *Stainless Steel* Tipe 304
<https://www.scribd.com/doc/260738000/Makalah-Gaya-Dan-Tekanan>.
- Diakses 21 September 2019 Pada Pukul 19.30 WIB.

LAMPIRAN

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Fungsi Ketebalan Pelat Stiasles terhadap Gaya Tekan Pada Perbentukan Logam

Nama: Alhadi Syahri
NPM: 1407230281

Dosen Pembimbing 1: Dr. Hakhmasul Anif Saingur, S.T., M.Ting
Dosen Pembimbing 2: Khairul Umbara, S.T., MT

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Pasal
-	3/10/18	Perbaiki bab 1 dan 2	✓
	20/10/18	Perbaiki bab 2	✓
	30/10/18	Perbaiki bab 2	✓
	11/12/18	lanjut bab 3	✓
	15/12/18	Perbaiki bab 3	✓
	10/7/19	lanjut bab 4	✓
		lanjut bab 5	✓
	23/10/19	Perbaiki format penulisan	✓
	6/11/19	Perbaiki pengantar	✓
	20/11/19	Selesai ke pembantu 3	✓

All done

✓



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

Jalan Kapten Muhtar Bai No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - EXT. 12
 Website : <http://teknik.umhu.ac.id> E-mail : faktek@umhu.ac.id

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHJUKAN
 DOSEN PEMBIMBING**

Nomor : 318/II.TAU/UMHU-07/F/2020

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

ALHADI SYAFHARI
 1407230281

Prodi : TEKNIK Mesin
 Kelas : XII (Dua Belas)

Jenis Tugas Akhir : PENGARUH KETEBALAN PELAT STAINLESS STEEL TERHADAP
 GAYA TEKAN PADA PEMBENTUKAN LOGAM.

Pembimbing I : Dr. Eng. RAKHMAD ARIEF SIREGAR
 Pembimbing II : KHAIRUL UMURANI ST.MT

Sehubungan dengan ini, dimungkinkan untuk memvalidasi tugas akhir dengan ketentuan :

1. Babak Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat
 persetujuan dari Program Studi Teknik Mesin

2. Mendaftar Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

3. Untuk peninjauan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk
 digunakan sebagaimana mestinya.

Menetapkan di Medan pada Tanggal
 Medan, 16 Januari Akhir 1441 H
 10 Februari 2020 M



Dekan

Muhammad Alfansury Siregar, ST, MT
 NIDN. 0101017207

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

Tempat Seminar

Nama

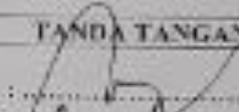
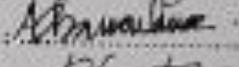
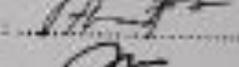
NPM

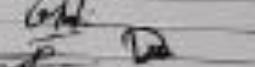
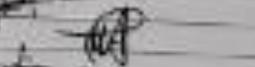
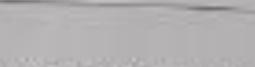
Judul Tugas Akhir

: Alhadi Syaffari

: 1407230281

: Pengaruh Ketebalan Pelat Stainless Terhadap Gaya Tekan Pada Pembentukan Logam.

DAFTAR HADIR		TANDA TANGAN
Pembimbing - I	: DR. Rakhmat Arif, Srg M.Eng	
Pembimbing - II	: Khairul Umamari S.T.M.T	
Pembimbing - I	: Ahmad Marabidi Srg. S.T.M.T	
Pembimbing - II	: Bekti Saroso S.T.M.Eng	

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1407230161	AHMAD SAPUTRA SIREGAR	
2	1302230285	Dr. Agus Yuliana	
3	1407230174	M. H. Diant	
4	1207230147	MUMAMMAD FACHRIL ZAVVANTO	
5	1507230070	Samud Paraboli	
6	1407230163	KLVIN SINTARI	
7			
8			
9			
10			

Medan, 2019 Ahad 140111
11 Desember 2019 M



S. T. M. T.

S. T. M. T.

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

Nama : Alhadi Syarifan
NPM : 1407230281
Judul T.Akhir : Pengaruh Ketebalan Pelat Stainless Terhadap Gaya Tekan Pada Pemertukan Logam

Dosen Pembimbing - I : DR. H. Rakhmad Anis Sg. S. Eng
Dosen Pembimbing - II : Khairul Umarami S.T.M.T
Dosen Pembimbing - I : Ahmad Masabdi Sirogar S.T.M.T
Dosen Pembimbing - II : Bekti Sarro S.T.M.Eng

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (colloquium)
Dapat mengikuti sidang sarjana (colloquium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain:

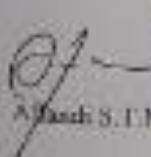
- perbaikan prosedur penulisan

- Sematkan figurasi agar lebih

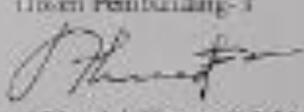
2. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

Medan 20 Rabi Akhir 1441 H
21 Desember 2019 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin


Alhadi S.T.M.

Dosen Pembimbing-3


Ahmad Masabdi Sirogar S.T.M.T

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Alhadi Syahri
NPM : 1407230281
Judul T. Akhir : Pengaruh Kesehatan (Pelat Sinteras Terhadap Guy) Teknik Pada Pembuatan Logam.

Dosen Pembimbing - I : DR. Rakhmaul Anief Sg. M. Eng
Dosen Pembimbing - II : Khairul Umaman S.T.M.T
Dosen Perbanding - I : Ahmad Mambdi Soggar S.T.M.T
Dosen Perbanding - II : Bekti Suroto S.T.M.Eng

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (colloquium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (colloquium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain

lihat pada masalah tugas akhir!

3. Harus mengikuti seminar ketidaki-
Perbaikan :

Me dan 20 Rab. Akhir 1441 H
21 Desember 2019 M

Dikestahi :
Ketua Prodi. T.M.

[Signature]
Alhadi S.



Dosen Perbanding- II

[Signature]
Bekti Suroto S.T.M.Eng

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA PRIBADI

Nama : Alhadi Syafhari
NPM : 1407230281
Tempat /Tanggal Lahir : Silaping, 29 Juli 1995
Jenis kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Status : Belum Menikah
Alamat : JL. Kapt. Mukhtar Basri. Gg Supardi. No, 53
Nomor HP : 082294689872
Email : safhrialhadi@gmail.com

Nama Orang Tua
Ayah : Wandrizal Lubis
Ibu : Rosidah Matondang

PENDIDIKAN FORMAL

2001-2007 : SD N 16 Ranah Batahan
2007-2010 : Tsanawiyah Muhammadiyah Silaping
2010-2013 : SMK N 1 Ranah Batahan
2014-2020 : Mengikuti Pendidikan S1 Program Studi Teknik
Mesin Fakultas Teknik Universitas
Muhammadiyah Sumatera Utara