

TUGAS AKHIR

PERANCANGAN *PUNCH* DAN *DIES* BENTUK MANGKUK PADA MESIN *DEEP DRAWING*

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

Disusun Oleh:

NAZARUDDIN
1407230029



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

MEDAN

2021

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Nazaruddin
NPM : 1407230029
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Perancangan *Punch* dan *Dies* Bentuk Mangkuk Pada Mesin
Deep Drawing
Bidang ilmu : Alat Berat

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

Medan, April 2021

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I

H. Muhamif, S.T., M.Sc

Dosen Peguji II

Afandi, S.T., M.T

Dosen Penguji III

Khairul Umurani, S.T., M.T

Dosen Penguji IV

Sudirman Lubis, S.T., M.T

Program Studi Teknik Mesin



SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Nazaruddin
Tempat /Tanggal Lahir : Medan/25 Januari 1997
NPM : 1407230029
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

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

“Perancangan *Punch Dan Dies* Bentuk Mangkuk Pada Mesin *Deep Drawing*”,

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

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

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

Medan, Mei 2021



Saya yang menyatakan,

Nazaruddin

ABSTRAK

Sekarang industri semakin pesat dengan adanya teknologi informasi yang dapat diakses dengan mudah oleh siapa saja dan dimana saja. Seperti alat alat rumah tangga, banyak sekali kita jumpai alat-alat atau perkakas yang dibuat menggunakan mesin press, seperti cangkir, mangkuk, panci, baskom dan lain sebagainya. Benda-benda tersebut dikerjakan berdasarkan jenis dari mesin press tersebut, ada yang ditekan, ditarik, dibengkokkan atau ditebuk menjadi bentuk profil atau bentuk tertentu. Untuk proses pengerjaan semacam ini kita mengenalnya dengan istilah proses *Press Working*, yaitu segala proses pengerjaan logam yang menggunakan mesin – mesin pres sebagai alat bantu utamanya, yaitu sebagai penggerak atau pemberi gaya. Dalam penelitian ini, penulis melakukan sebuah perancangan sebuah cetakan yang bertujuan untuk membuat inovasi baru dari cetakan yang sudah ada. Dalam proses perancangan tentu saja banyak hal yang harus diperhatikan, baik dari segi pemilihan bahan dan kekuatan bahan terhadap gaya dan beban yang akan diberikan. Pada penelitian ini, penulis melakukan perancangan bentuk cetakan dan simulasi tegangan terhadap material yang akan ditempa dengan menggunakan metode numerik. Dari solidwork 2014 diperoleh ukuran dan data untuk kekuatan material sebagai berikut, Untuk *Dies* yaitu $D_1 = 50$ mm, $D_2 = 90$ mm, $D_x = 70$ mm, dan $a = 63,3$ mm. Untuk *Punch* yaitu $d_1 = 46,96$ mm, $d_2 = 86,96$ mm, $d_x = 66,96$ mm, dan $a = 63,3$ mm. Dari hasil simulasi diperoleh data yaitu, beban 100 kg besar tegangan maksimumnya adalah 247.169 N/mm², beban 150 kg besar tegangan maksimumnya adalah 370.755 N/mm², dan beban 200 kg besar tegangan maksimumnya adalah 494.314 N/mm².

Kata Kunci : *Deep Drawing, Forming, Punch, Dies*

ABSTRACT

Now the industry is growing rapidly with information technology that can be accessed easily by anyone, anywhere. Like household appliances, we encounter lots of tools or utensils made using a press machine, such as cups, bowls, pans, basins and so on. These objects are done based on the type of press machine, some are pressed, pulled, bent or bent into a certain profile or shape. For this kind of working process, we know it as the Press Working process, which is all metal working processes that use pressing machines as their main auxiliary tools, namely as a moving or giving force. In this study, the authors conducted a mold design that aims to create new innovations from existing molds. In the design process, of course, there are many things that must be considered, both in terms of material selection and material strength against the forces and loads that will be given. In this study, the authors designed the shape of the mold and simulated stress on the material to be spiced using numerical methods. From the 2014 solidwork, the dimensions and data for material strength are as follows, for Dies, namely $D1 = 50$ mm, $D2 = 90$ mm, $Dx = 70$ mm, and $a = 63.3$ mm. For Punch, namely $d1 = 46.96$ mm, $d2 = 86.96$ mm, $dx = 66.96$ mm, and $a = 63.3$ mm. From the simulation results obtained data, namely, the load of 100 kg, the maximum stress is 247,169 N / mm², the load of 150 kg, the maximum stress is 370,755 N / mm², and the load of 200 kg, the maximum stress is 494,314 N / mm².

Keywords: Deep Drawing, Forming, Punch, Dies

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 “Perancangan *Punch Dan Dies* Bentuk Mangkuk Pada Mesin *Deep Drawing*” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Serjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

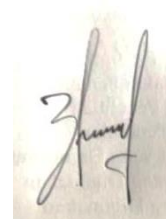
Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Khairul Umurani, S.T, M.T, selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Sudirman Lubis, S.T, MT, selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak H. Muharnif , S.T, M.Sc, selaku Dosen Penguji I yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Affandi, S.T, M.T, selaku Dosen Penguji II yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikn ilmu teknik permesinan kepada penulis.
6. Kedua orang tua, Ayahanda tercinta Mujiono dan Ibunda tersayang Juni Mariana Saragih, Kakak tercinta Tuti Wildayana, Adik tercinta Tri Hajjah Sari dan seluruh keluarga besar penulis, terima kasih atas curahan kasih sayang, doa, nasihat, motivasi, dan pengorbanan materinya selama penulis menempuh studi di Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Medan.

7. Bapak/ibu staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Sahabat-sahabat penulis: Zabandi, Sigit Rizky Wiranata, Roma Annur, Sudarman, Fandimas, Rahman, dan lainnya yang namanya tidak mungkin saya sebutkan satu persatu, penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada abangda Hidayat, dan abangda Simon chandra Siregar yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan penulisan tugas akhir serta adinda tersayang Juni Herawati yang selalu memberi semangat kepada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

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 Teknik Mesin.

Medan, Mei 2021



Nazaruddin

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
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Ruang Lingkup	2
1.4. Tujuan	2
1.5. Manfaat	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Pengertian Perancangan	4
2.1.1. Pengembangan Produk	4
2.2. Teori Elastisitas Bahan	5
2.2.1. Tegangan	5
2.2.2. Deformasi	6
2.3. Proses <i>Deep Drawing</i>	8
2.4. Komponen Utama <i>Dies Set</i>	10
2.4.1. <i>Punch</i>	10
2.4.2. <i>Blank Holder</i>	10
2.4.3. <i>Dies</i>	10
2.5. Variabel Proses <i>Drawing</i>	10
2.5.1. Gesekan	11
2.5.2. Bending dan <i>Straightening</i>	11
2.5.3. Penekanan	11
2.5.4. Diameter <i>Blank</i>	12
2.5.5. Kelonggaran (<i>Cleaerence</i>)	12
2.5.6. <i>Strain Ratio</i>	12
2.5.7. Kecepatan <i>Drawing</i>	12
2.6. Pemilihan Bahan Teknik	13
2.7. Klasifikasi Bahan Teknik	14
2.7.1. Logam Besi (<i>Ferro</i>)	15
2.8. <i>Solidwork</i>	16
2.9. Metode Numerik	17
2.9.1. Perbedn Metode Numerik dan Analitik	18
2.9.2. Faktor Keamanan	18

2.9.3. Analisa Kegagalan	19
2.10. Rumus Yang Digunakan	21
BAB 3 METODE PENELITIAN	24
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	24
3.1.1. Tempat Penelitian	24
3.1.2. Waktu Penelitian	24
3.2 Bahan dan Alat yang Digunakan	25
3.3.1. Bahan yang Digunakan	25
3.3.2. Alat yang Digunakan	25
3.3 Prosedur Perancangan	26
3.4 Diagram Alir Penelitian	27
3.5 Tahapan Desain	28
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Ukuran Blank	29
4.2 Proses Perancangan <i>Design</i>	32
4.3 Hasil Perancangan	39
4.4 Hasil Simulasi	40
4.4.1 Simulasi Tegangan Beban 300 Kg	40
4.4.2 Simulasi Tegangan Beban 500 Kg	41
4.4.3 Simulasi Tegangan Beban 700 Kg	42
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	44
5.1. Kesimpulan	44
5.2. Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN	
LEMBAR ASISTENSI	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Jenis material dan kecepatan maksimal <i>draw dies</i>	13
Tabel 2.2. Faktor keamanan menurut tipe pembebanan dan material	19
Tabel 3.1. Waktu Penelitian	24
Tabel 4.1. Hasil Simulasi Tegangan	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Diagram tegangan regangan	7
Gambar 2.2.	Proses <i>Deep Drawing</i>	8
Gambar 2.3.	Bagian Utama <i>Die Drawing</i>	9
Gambar 2.4.	Klasifikasi Bahan Teknik Dalam Industri	14
Gambar 2.5.	Teori tegangan normal maksimum (MNS) dan garis beban	20
Gambar 2.6.	Perbandingan teori tegangan geser maksimum dengan distorsi energi	21
Gambar 3.1.	Jangka Sorong	25
Gambar 3.2.	Laptop	26
Gambar 3.3.	Tampilan <i>Software Solidworks 2014</i>	26
Gambar 3.4.	Diagram Alir Penelitian	27
Gambar 4.1.	Hasil Produk	33
Gambar 4.2.	Dimensi <i>Dies</i>	34
Gambar 4.3.	Hasil Dimensi <i>Dies</i>	34
Gambar 4.4.	Extrude Sesuai Ukuran	35
Gambar 4.5.	Extrude Cut Sesuai Ukuran	36
Gambar 4.6.	Fillet Sesuai Ukuran	36
Gambar 4.7.	Convert Entities sesuai ukuran	37
Gambar 4.8.	Helix and Spiral sesuai ukuran	37
Gambar 4.9.	Sweep Cut sesuai ukuran	38
Gambar 4.10.	Hasil Punch	38
Gambar 4.11.	Dimensi <i>Dies</i>	39
Gambar 4.12.	Dimensi <i>Punch</i>	39
Gambar 4.13.	Dimensi Spesimen	40
Gambar 4.14.	Plat Material	40
Gambar 4.15.	Simulasi Tegangan Beban 100 Kg	41
Gambar 4.16.	Simulasi Tegangan Beban 150 Kg	41
Gambar 4.17.	Simulasi Tegangan Beban 200 kg	42
Gambar 4.18.	Grafik Tegangan Hasil Simulasi Pelat dengan Variasi beban	43

DAFTAR NOTASI

τ	: Tegangan geser yang terjadi
τ_d	: Tegangan rencana
c	: Indeks pegas
D	: Diameter rata – rata pegas
d	: Diameter kawat
D_0	: Diameter luar pegas
D_i	: Diameter dalam pegas
K	: Faktor Wahl
n	: Jumlah lilitan aktif
N_a	: Jumlah lilitan aktif total
k	: Konstanta pegas
W_1	: Beban maksimum
W_0	: Beban awal terpasang
δ_l	: Lendutan yang terjadi
δ_0	: Lendutan awal terpasang
H_1	: Tinggi Pegas pada lendutan maksimum
H_f	: Panjang bebas pegas
H_s	: Panjang awal terpasang
P	: Pitch Pegas
F_{spr}	: Gaya Pegas Stripper
G	: Modulus Puntir
D_m	: Diameter Pitch Pegas
F	: Panjang penekanan pegas
i_f	: Jumlah lilitan efektif
W_d	: Beban rencana
W	: Beban maksimum
d_1	: Diameter inti
d_2	: Diameter efektif
d	: Diameter luar
fc	: Faktor koreksi
σ_a	: Tegangan yang diizinkan
σ_B	: Kekuatan tarik
τ_a	: Tegangan geser yang diizinkan
S_f	: Faktor keamanan
z	: Jumlah ulir mur yang diperlukan
h	: Tinggi kaitan
H	: Tinggi mur
z'	: Jumlah ulir mur
τ_b	: Tegangan geser akar ulir baut

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan industri semakin pesat dengan adanya teknologi informasi yang dapat diakses dengan mudah oleh siapa saja dan dimana saja. Mereka dituntut untuk selalu mengikuti kemajuan teknologi pada setiap lini produksinya. Pada umumnya, teknologi yang digunakan adalah otomatisasi dalam menghasilkan produk untuk mencapai produk yang sangat tinggi. Proses menghasilkan suatu produk dari bahan mentah setengah jadi menjadi bahan yang sudah siap digunakan dengan adanya nilai tambah melibatkan teknologi didalamnya disebut proses manufaktur (Kalpakjian, 2005).

Press Tool adalah peralatan produksi atau cetakan yang berfungsi untuk memotong (*cutting*) dan membentuk (*forming*) material pelat baja (*sheet metal*) yang hasil akhirnya menjadi suatu produk yang disebut *sheet metal product*. Proses memotong dan membentuk tersebut dilakukan dengan menggunakan mesin press sehingga dihasilkan produk *sheet metal* dengan jumlah yang banyak (*mass production*) dan kualitas yang konsisten (Theryo, 2009).

Dalam dunia industri rumah tangga, banyak sekali kita jumpai alat-alat atau perkakas yang dibuat menggunakan mesin press, seperti cangkir, mangkuk, panci, baskom dan lain sebagainya. Benda-benda tersebut dikerjakan berdasarkan jenis dari mesin press tersebut, ada yang ditekan, ditarik, dibengkokkan atau ditebuk menjadi bentuk profil atau bentuk tertentu. Sedangkan benda kerja ataupun material yang diproses bisa berupa lembaran pelat (*sheet metal*), bentuk profil, pipa-pipa, dan lain-lain.

Untuk proses pengerjaan semacam ini kita mengenalnya dengan istilah proses *Press Working*, yaitu segala proses pengerjaan logam yang menggunakan mesin – mesin pres sebagai alat bantu utamanya, yaitu sebagai penggerak atau pemberi gaya. Dalam *Press Working* dikenal beberapa macam pengerjaan,

tergantung dari perlakuan gaya-gaya itu terhadap material yang dikerjakan. Misalnya dari material atau bahan *Sheet Metal* orang bisa memotong secara menggunting, menekuk, atau membengkokkan, membentuk menjadi benda tiga dimensi, dan lain – lain. Jadi secara garis besar ada jenis pengerjaan *Shearing*, *Bending*, dan *Forming* atau *Deep Drawing*. Pada mesin yang telah dirancang dan dibuat oleh rekan terdahulu, pengerjaan yang akan dibuat adalah jenis pengerjaan *Deep Drawing*.

Mesin *Deep Drawing* yang telah ada pada Laboratorium Teknik mesin UMSU menggunakan cetakan (*Punch* dan *Dies*) berbentuk cup dan tutup cup. Pada penelitian tugas akhir ini, penulis ingin melakukan inovasi produk yang dibuat menjadi bentuk mangkuk. Berdasarkan studi literatur dan data-data yang telah penulis peroleh, maka penulis bisa mengambil kesimpulan untuk membuat tugas akhir ini dengan judul “Perancangan *Punch* dan *Dies* Bentuk Mangkuk Pada Mesin *Deep Drawing*”.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan permasalahan yang terjadi, antara lain sebagai berikut :

1. Materil apa yang digunakan pada *Punch* dan *Dies*?
2. Bagaimana bentuk rancangan dari *Punch* dan *Dies* tersebut?
3. Bagaimana mensimulasikan produk yang akan dicetak?

1.3. Ruang Lingkup

Pada penulisan tugas akhir ini, penulis membatasi ruang lingkup penulisan yaitu hanya pada Perancangan *Punch* dan *Dies* Bentuk Mangkuk Pada Mesin *Deep Drawing*. Sehingga penulisan tidak meluas ke arah yang tidak diinginkan.

1.4. Tujuan

Adapun tujuan dalam penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk menentukan bentuk rancangan *Punch* dan *Dies* pada mesin *Deep Drawing*.

2. Untuk memilih material yang akan digunakan pada perancangan *Punch*, *Dies*, dan produk yang akan dicetak pada mesin *Deep Drawing*.
3. Untuk mensimulasikan hasil rancangan pada material yang dicetak menggunakan *software solidwork*.

1.5. Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi tentang bagaimana merancang *Punch* dan *Dies* bentuk mangkuk pada mesin *Deep Drawing*.
2. Dapat mengetahui material yang baik digunakan pada produk yang akan dibuat.
3. Melatih dan menuangkan kreatifitas berfikir serta memberikan informasi kepada pembaca tentang perancangan *Punch* dan *Dies* bentuk mangkuk pada mesin *Deep Drawing*.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Perancangan

Perancangan atau merancang merupakan suatu usaha untuk menyusun, mendapatkan, dan menciptakan hal – hal baru yang bermanfaat bagi kehidupan manusia. Dalam hal ini, merancang dapat yang benar – benar baru atau pengembangan produk yang sudah ada, sehingga mendapatkan peningkatan kinerja dari produk tersebut. Konsep ini banyak digunakan oleh produsen untuk menghasilkan berbagai varian baru. Dalam perancangan dan pengembangan produk secara umum, maka produk dapat dibedakan menjadi dua bagian besar, yaitu produk barang dan produk jasa. Secara khusus dalam penulisan ini, produk yang akan dirancang adalah produk barang yang dihasilkan oleh proses manufaktur (Agustinus, 2017).

2.1.1. Pengembangan Produk

Pengembangan produk merupakan serangkaian aktivitas yang dimulai dari analisis persepsi dan peluang pasar, kemudian diakhiri dengan tahap produksi penjualan dan pengiriman produk ke konsumen. Produk manufaktur yang dihasilkan dapat berupa produk jadi, setengah jadi, komponen, assembling, suba sembling atau bahan baku produk. Secara umum, dalam proses pengembangan produk terdapat fungsi-fungsi utama dalam perusahaan manufaktur yang membantu terwujudnya produk tersebut (Agustinus, 2017). Fungsi-fungsi yang mendukung langsung pengembangan produk tersebut meliputi :

- 1.) Pemasaran, bagian pemasaran memfasilitasi interaksi antara konsumen dan produsen, dalam hal identifikasi peluang, segmen pasar, identifikasi kebutuhan, target harga, promosi dan penjualan produk.
- 2.) Perancang (*Designer*), perancang mempunyai tugas dan peranan sangat penting untuk mendefinisikan bentuk produk.

- 3.) Manufaktur, bagian manufaktur berfungsi untuk merancang dan mengoperasikan sistem produksi pada proses produksi produk, pembelian, distribusi, instalasi, sehingga dapat menghasilkan produk yang berkualitas tinggi tetapi dengan harga yang kompetitif.
- 4.) Distribusi, bagian distribusi bertugas untuk mendistribusikan produk ke konsumen melalui sistem distribusi dan memastikan produk dapat diterima oleh konsumen tepat waktu dengan kualitas yang cukup terjaga dengan baik.

Dalam penulisan tugas akhir ini, produk yang akan dikembangkan adalah sebuah mesin, yaitu mesin *Deep Drawing*. Mesin ini berfungsi untuk mencetak suatu *Sheet Metal* menjadi suatu bentuk, dalam hal ini bentuk yang dikembangkan adalah bentuk mangkuk.

2.2. Teori Elastisitas dan Plastisitas Plat

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 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 beban yang diberikan lepas. 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.

2.2.1. 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.

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

Sedangkan *true stress* adalah tegangan hasil pengukuran intensitas gaya reaksi yang dibagi dengan luaspermukaan sebenarnya (*actual*). *True stress* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

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

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

2.2.2. 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).

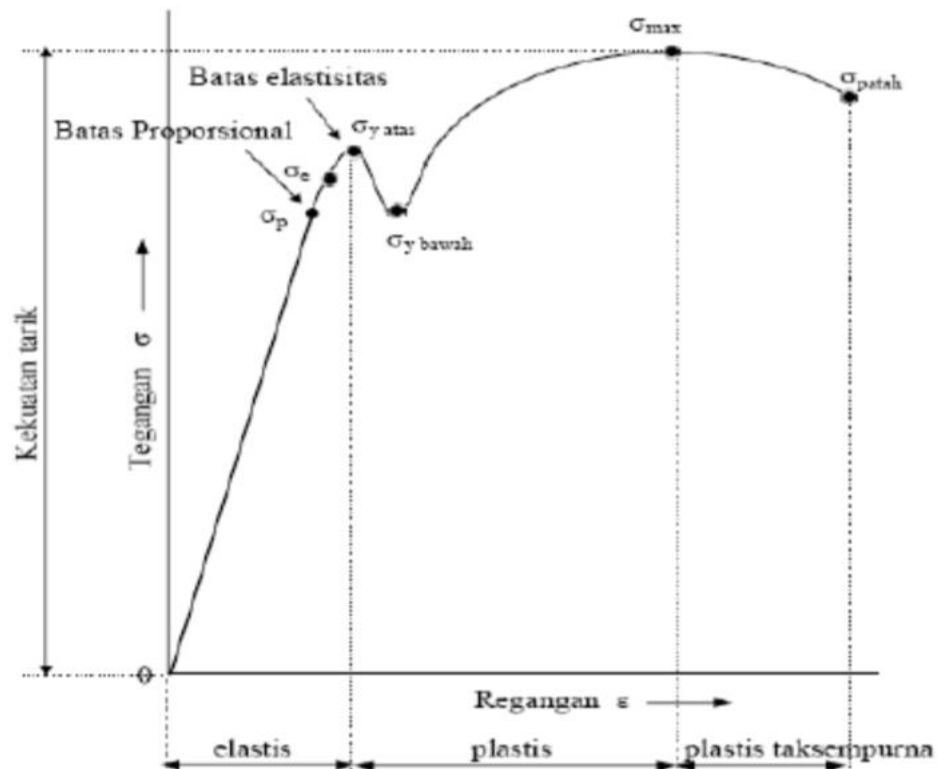
Hubungan tegangan-regangan dapat dituliskan sebagai berikut.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{A}{\delta} \frac{P}{L} \quad (2.3)$$

Sehingga deformasi dapat diketahui :

$$\delta = \frac{P \times L}{A \times E} \quad (2.4)$$

Pada awal pembebanan akan terjadi deformasi elastis sampai pada kondisi tertentu bahan akan mengalami deformasi plastis. Pada awal pembebanan bahan dibawah 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 plat tidak akan kembali ke bentuk semula, hal ini bisa dilihat dalam gambar 2.1. diagram tegangan-regangan.



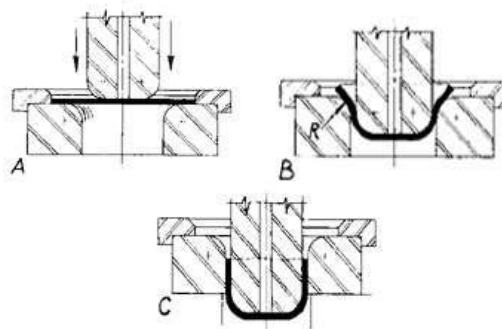
Gambar 2.1. Diagram Tegangan-Regangan (Eugene, 1967)

2.3. 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 *dies* sebagai penahan benda kerja saat ditekan oleh *punch*. Pengertian dari *sheet metal* adalah lembaran logam dengan ketebalan maksimal 6 mm, lembaran logam (*Sheet Metal*) dipasarkan dijual dalam bentuk lembaran dan gulungan. Terdapat berbagai tipe dari lembaran logam yang digunakan. Pemilihan dari jenis lembaran tersebut tergantung dari :

- 1.) *Strain rate* yang diperlukan
- 2.) Benda yang akan dibuat
- 3.) Material yang diinginkan
- 4.) Ketebalan benda yang akan dibuat
- 5.) 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 deep drawing dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. Proses *Deep drawing* (D. Eugene Ostergaard, 1967)

Berikut adalah mekanisme proses deformasi dalam operasi penarikan:

- 1) *Punch* membuat penekanan awal benda kerja,
- 2) Lembaran mengalami pembengkokkan pada tepi *punch* dan tepi *dies*
- 3) Penarikan lurus terhadap logam yang telah dibengkokkan sebelumnya untuk membentuk dinding silinder,

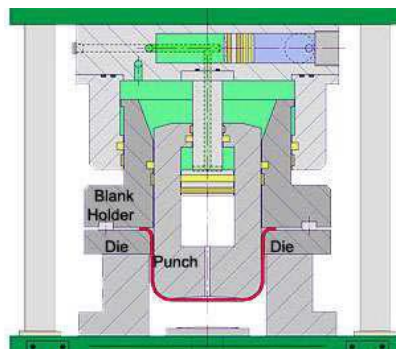
- 4) Terjadi gesekan dan kompresi antara logam lembaran dengan permukaan bantalan tekan (*blank holder*) dan flens bergerak masuk kedalam die,
- 5) Gerakan *Punch* ke bawah menghasilkan aliran logam berlanjut sehingga diperoleh bentuk akhir dari cawan dengan penipisan dinding sesuai dengan *clearance* antara *dies* dan *punch*.

2.4. Komponen Utama *Dies 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 *dies* yang digunakan juga mempunyai bentuk khusus, proses pembentukan berarti adalah proses *non cutting* logam. Dalam satu unit *die set* terdapat komponen utama yaitu:

1. *Punch*
2. *Blankholder*
3. *Dies*

sedangkan komponen lainnya merupakan komponen tambahan tergantung dari jenis *dies* yang dipakai. Bentuk dan posisi dari komponen utama tersebut dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. Bagian Utama *Dies Drawing* (Mohamad Yusa' Shofiyanto, 2009)

2.4.1. *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 2.3. berada di atas *blank*, posisi dari *punch* sebenarnya tidak selalu diatas tergantung dari jenis *die drawing* yang digunakan.

2.4.2. *Blank Holder*

Berfungsi memegang *blank* atau benda kerja berupa lembaran logam, pada gambar diatas *blank holder* 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 *blank holder* akan bergerak ke arah pusat sesuai dengan bentuk dari *dies drawing*. Pengerutan (*Wrinkling*) dan pecah (*Cracking*) adalah dua jenis cacat produk yang sering terjadi pada proses *deep drawing*. Salah satu cara pencegahan cacat tersebut dapat dilakukan dengan penyetapan gaya *blank holder* secara tepat, dimana dapat tergambar dari ketinggian *gap* antara die dan *blank holder* (Susila Chandra, 2016).

2.4.3. *Dies*

Merupakan komponen utama yang berperan dalam menentukan bentuk akhir dari benda kerja *drawing* (*draw piece*), bentuk dan ukuran *dies* bervariasi sesuai dengan bentuk akhir yang diinginkan, konstruksi *dies* harus mampu menahan gerakan, gaya geser serta gaya *punch*. Pada *dies* 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*.

2.5. Variabel Proses *Drawing*

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

2.5.1. Gesekan

Saat proses *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 *drawing* juga meningkat, beberapa faktor yang mempengaruhi gesekan antara lain:

1. Pelumasan
2. Gaya *Blank Holder*
3. Kekasaran Permukaan *Blank*
4. Kekasaran Permukaan *punch*, *dies* dan *blank holder*

2.5.2. Bending dan *straightening*

Pada proses *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 :

1. Radius *Punch*
2. Radius *Dies*

2.5.3. 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. *Drawability*
2. Keuletan Logam
3. Tegangan Maksimum Material
4. Ketebalan *Blank*
5. Temperatur

2.5.4. 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.

2.5.5. Kelonggaran (*Clearence*)

Kelonggaran atau *clearence* adalah celah antara *punch* dan *dies* untuk memudahkan gerakan lembaran logam saat proses *drawing* berlangsung. Maka besar *clearence* tersebut 7% - 20% lebih besar dari tebal lembaran logam, bila celah *dies* terlalu kecil atau kurang dari tebal lembaran logam, lembaran logam dapat mengalami penipisan (*ironing*) dan bila besar *clearence* melebihi toleransi 20% dapat mengakibatkan terjadinya kerutan.

2.5.6. *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.

2.5.7. Kecepatan *Drawing*

Dies drawing jenis *punch* berada diatas dengan *nest* dapat diberi kecepatan yang lebih tinggi dibandingkan jenis *dies* 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 2.1. adalah kecepatan maksimal beberapa jenis material yang biasa digunakan untuk *sheet metal drawing*.

Tabel 2.1. Jenis material dan kecepatan maksimal *draw dies* (D. Eugene Ostergaard, 1967)

Material	Kecepatan
Aluminium	0,762 m/s
Brass	1,02 m/s
Copper	0,762 m/s
Steel	0,279 m/s
Stainless steel	0,203 m/s

2.6. Pemilihan Bahan Teknik

Pemilihan bahan untuk keperluan bukan suatu hal yang sulit, asalkan tidak disertai dengan berbagai persyaratan, seperti misalnya mudah diperoleh, mudah dikerjakan atau diproses sehingga menghasilkan mutu yang sesuai dengan spesifikasi dan harga yang murah. Sebenarnya prinsip pemilihan bahan sederhana saja hanya perlu mempertimbangkan syarat–syarat sifat yang diminta oleh desain konstruksi dengan sifat–sifat kemampuan bahan yang dapat dipergunakan. Cuma saja dalam penentuan persyaratan masih ada kesulitan mungkin informasi tentang bahan yang tersedia tidak lengkap atau informasi tentang sifat bahan belum lengkap. Walaupun informasi itu sudah lengkap mungkin saja akan dijumpai bahwa tidak ada bahan yang mampu memenuhi semua persyaratan. Dalam hal ini perlu diadakan suatu pemilihan ulang dengan mengurangi persyaratan lagi sehingga didapat suatu pilihan yang optimum (Agustinus,. 2017). Biasanya persyaratan yang diminta oleh suatu desain konstruksi meliputi sifat–sifat sebagai berikut :

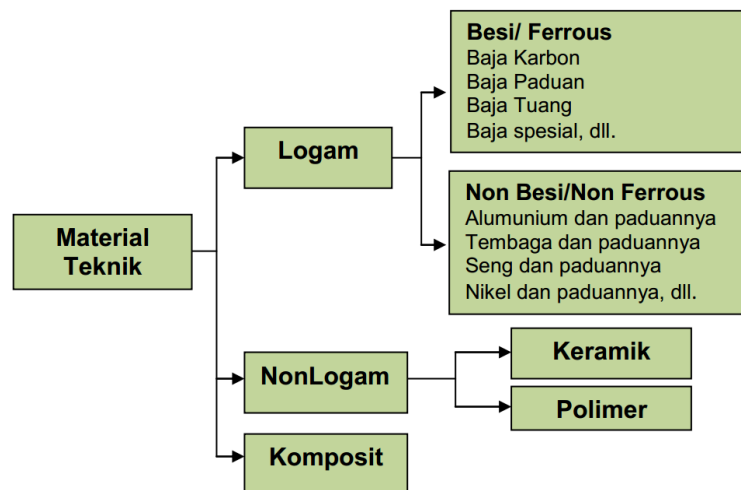
1. Sifat mekanik meliputi: kekuatan, ketanguhan, kekerasan, keuletan kegetasan dan lainnya.
2. Sifat fisik seperti heat conductivity, electrical conductivity, heat expansion, dimensi dan struktur mikro.
3. Sifat Kimia seperti : tahan korosi, aktivitas terhadap bahan kimia.
4. Dan lain–lainnya.

Faktor–faktor lain yang juga harus dipertimbangkan dalam desain adalah :

1. Teknologi yang tersedia untuk pengolahan bahan tersebut sampai menjadi produk yang siap digunakan.
2. Faktor ekonomis misal : harga bahan produk, ongkos produk, harga material, dll.
3. Availability dari bahan, seperti apakah bahan tersedia di pasaran, dimana dapat diperoleh seberapa banyak bahan yang tersedia.

Proses pemilihan bahan sering kali juga dapat disederhanakan misalnya dengan mempersempit daerah pemilihan, dengan memberi prioritas pada yang biasa digunakan untuk konstruksi yang sejenis. Seperti misalnya pada teknik permesinan baja karbon akan mendapat prioritas pertama untuk dipertimbangkan (karena dalam konstruksi biasanya orang banyak menggunakan baja karbon, mudah diperoleh, harga relatif murah), baru kemudian bila baja karbon tidak memenuhi syarat dicoba mempertimbangkan penggunaan bahan–bahan lain, seperti baja paduan, besi cor, paduan non besi (Agustinus, 2017).

2.7. Klasifikasi Bahan Teknik



Gambar 2.4. Klasifikasi Bahan Teknik Dalam Industri (Agustinus, 2017)

2.7.1. Logam Besi (*Ferro*)

Bahan logam *ferro* mengandung karbon antara 0 sampai 4,5%, dan dibagi atas tiga golongan yaitu:

1. Besi dengan kadar karbon 0 sampai 0,008%
2. Baja dengan kadar karbon 0,008% sampai 2,0%
3. Besi cor dengan kadar karbon 2,0 sampai 4,5%

Didalam besi kandungan karbon dan unsur paduan sangat rendah, karena itu besi tidak dapat dikeraskan dengan cara pendinginan celup (*quencing*). Besi yang digunakan dalam industri iada tiga jenis yaitu besi tempa, besi ingot dan besi tuang. Kedua jenis besi ini adalah jenis besi dengan kadar karbon yang sangat rendah yang diproses dengan cara khusus untuk penggunaan tertentu.

Besi tempa adalah besi yang mengandung terak silikat antara 2% sampai 4%. Komposisinya terdiri dari 99% besi murni, sifatnya dapat di tempa, liat dan tidak dapat dituang. Besi tempa antara lain dapat digunakan untuk membuat rantai jangkar, kait keran dan landasan kerja pelat, sedangkan ingot adalah besi murni. Besi tuang merupakan campuran besi dan karbon. kadar karbon sekitar 4%, sifatnya rapuh tidak dapat ditempa, baik untuk dituang, liat dalam pemadatan, lemah dalam tegangan. Digunakan untuk membuat alas mesin, blok silinder dan cincin torak.

Baja karbon adalah paduan antara besi dan karbon dengan sedikit Si, Mn, P, S dan Cu. Sifat baja karbon tergantung pada kadar karbon, karena itu baja ini dikelompokkan berdasarkan kadar karbonnya. Ada beberapa jenis baja karbon yang dikenal yaitu:

1. Baja Karbon Rendah (BCR)

Baja karbon rendah disebut juga baja lunak. Komposisi campuran besi dan karbon, kadar karbon 0 sampai 0,3%, mempunyai sifat dapat di tempa dan liat. Digunakan untuk membuat sekrup, mur, pipa, dan keperluan umum dalam pembangunan. Baja karbon ini dibagi dibagi lagi dalam baja kil, semi kil, dan baja rim.

2. Baja Karbon Sedang (BCS)

Komposisi campuran besi dan karbon, dengan kadar karbon 0,3 sampai 0,45%. Sifat lebih kenyal dari yang keras dan digunakan untuk membuat benda kerja tempa berat, poros, dan rel baja.

3. Baja Karbon Tinggi (BCT)

Komposisi campuran besi dan karbon, dengan kadar karbon 0,45 sampai 1,70%. Sifat dapat di tempa, dapat disepuh keras dan dimudahkan dan digunakan untuk membuat kikir, pahat, gergaji, tap, stempel, dan alat mesin bubut.

4. Baja Karbon Tinggi dengan Campuran

Komposisi baja karbon tinggi ditambah nikel dan kobal, krom atau tungsten. Sifatnya rapuh, akan tetapi tahan terhadap suhu tinggi tanpa kehilangan kekerasan, dapat disepuh keras dan dimudahkan. Umumnya banyak digunakan untuk membuat mesin bubut dan alat – alat permesinan lainnya.

2.8. *Solidwork*

Solidwork adalah salah satu CAD *software* yang dibuat oleh *Dassault Systemes* digunakan untuk merancang part permesinan atau susunan part permesinan yang berupa *assembling* dengan tampilan 3D untuk merepresentasikan part sebelum real part nya dibuat atau tampilan 2D (*drawing*) untuk gambar proses permesinan. *Solidwork* diperkenalkan pada tahun 1995 sebagai pesaing untuk program CAD seperti *Pro/Engineer*, *Nx Siemens*, *I-Deas*, *Unigraphics*, *Autodesk*, *Autocad* dan *Catia*, dengan harga yang lebih murah.

Solidwork corporation didirikan pada tahun 1993 oleh *Jon Hirschtick*, dengan merekrut tim insinyur untuk membangun sebuah perusahaan yang mengembangkan perangkat lunak CAD 3D, dengan kantor pusatnya di *Concord, Massachusetts*, dan merilis produk pertama *solidwork 95*, pada tahun 1995. Pada tahun 1997 *Dassault Systemes*, yang terkenal dengan *Catia CAD software*, mengakuisisi perusahaan dan sekarang memiliki 100% dari saham *solidwork*. *Solidwork* dipimpin oleh *Jhon McEleney* dari tahun 2001 hingga juli 2007, dan sekarang dipimpin oleh *Jeff Ray*. Saat ini banyak industri manufaktur yang sudah

memakai *software* ini, menurut informasi WIKI, *solidwork* saat ini digunakan oleh lebih dari $\frac{3}{4}$ juta insinyur dan desainer di lebih dari 80.000 perusahaan di seluruh dunia (Dassault Systemes Corporation, 2011).

2.9. Metode Numerik

Metode numerik adalah teknik untuk menyelesaikan permasalahan permasalahan yang diformulasikan secara matematis dengan menggunakan operasi hitungan (*Arithmetic*) yaitu operasi tambah, kurang, kali, dan bagi. Alasan pemakaian metode numerik adalah banyak permasalahan matematis tidak dapat diselesaikan dengan metode analitik. Jika terdapat penyelesaian secara analitik, mungkin proses penyelesaiannya sangat rumit, sehingga tidak efisien.

Terdapat keuntungan dan kerugian terkait penggunaan metode numerik. Keuntungan dari metode ini antara lain :

- 1) Solusi persoalan selalu dapat diperoleh
- 2) Dengan bantuan komputer, perhitungan dapat dilakukan dengan cepat serta hasil yang diperoleh dapat dibuat sedekat mungkin dengan nilai sesungguhnya
- 3) Tampilan hasil perhitungan dapat disimulasikan

Adapun kelemahan metode ini antara lain :

- 1) Nilai yang diperoleh berupa pendekatan atau hampiran
- 2) Tanpa bantuan komputer, proses perhitungan akan berlangsung lama dan berulang – ulang.

2.9.1. Perbedaan antara Metode Numerik dan Analitik

Perbedaan antara metode numerik dan analitik dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Solusi metode numerik selalu berbentuk angka, sedangkan solusi metode analitik dapat berbentuk fungsi matematik yang selanjutnya dapat dievaluasi untuk menghasilkan nilai dalam bentuk angka.
2. Solusi dari metode numerik berupa hampira, sedangkan metode analitik berupa solusi sejati. Kondisi ini berakibat pada nilai error metode analitik adalah 0, sedangkan metode numerik $\neq 0$.

3. Metode analitik cocok untuk permasalahan dengan model terbatas dan sederhana, sedangkan metode numerik cocok dengan semua jenis permasalahan.

2.9.2. Faktor Keamanan (*Safety Factor*)

Istilah *safe stress*, *allowable stress* atau *permissible stress* dan *design stress* memiliki pengertian yang sama. Tegangan yang digunakan dalam mendesain sebuah mesin harus memiliki faktor keamanan agar kegagalan tidak terjadi. Tegangan tersebut biasa disebut juga *allowable stress*.

Dibawah batas luluh, deformasi yang dihasilkan proporsional terhadap beban yang dikenakan. Tegangan luluh terjadi ketika beban yang dikenakan menyebabkan adanya deformasi plastis. Sedangkan *ultimate stress* merupakan tegangan maksimum yang mampu dicapai oleh material sebelum mengalami patah.

Faktor keamanan merupakan angka yang harus dipenuhi dalam mendesain tegangan struktur. Untuk memenuhi tujuan ini, faktor keamanan dapat dimasukkan kedalam desain melalui *ultimate stress*, *yield stress*, *endurance limit*, *creep strength* atau kriteria kekukatan lainnya. Pernyataan dari beberapa desainer, bahwa kegagalan terjadi ketika sebuah mesin tidak mampu menjalankan fungsinya dan sebagian besar elemen mesin tidak berjalan sebagaimana mestinya setelah menerima deformasi tetap sehingga diperlukan faktor keamanan dari bagian-bagian elemen mesin dengan kriteria batas luluh.

Disisi lain, sejak faktor keamanan digunakan oleh desainer selama bertahun-tahun, *ultimate stress* mulai digunakan untuk menentukan faktor keamanan. Tabel 2.2. memperlihatkan aturan nilai faktor keamanan untuk pemula. Perlu digaris bawahi, bahwa desain tegangan yang sama tidak perlu digunakan ketika faktor keamanan didasarkan pada *ultimate stress* sama ketika desain tegangan didasarkan pada batas luluh.

Tujuan menggunakan faktor keamanan adalah untuk menentukan hal sebagai berikut .

1. Pembebanan maksimum yang akan terjadi pada mesin atau struktur
2. Memperkirakan kekuatan terhadap material yang digunakan

3. Distribusi *actual stress*
4. Penentuan dimensi dari struktur yang akan kita rancang
5. Antisipasi terhadap beban berlebih yang mungkin terjadi saat perlakuan tertentu

Tabel 2.2. Faktor keamanan menurut tipe pembebanan dan material (Irawan,2017)

<i>Type of Load</i>	<i>Steel, Ductile Metals</i>		<i>Cast iron, brittle metals</i>	<i>Timber</i>
	<i>Based on ultimate stress (σ_u)</i>	<i>Based on elastic limit (σ_y)</i>	<i>Based on ultimate stress (σ_u)</i>	
<i>Dead</i>	3 – 4	1.5 – 2	5 – 6	7
<i>Repeated, one directional, gradual (mild shock)</i>	6	3	7 – 8	10
<i>Repeated, reserved, gradual (mild shock)</i>	8	4	10 – 12	15
<i>Shock</i>	10 – 15	5 – 7	15 – 20	20

2.9.3. Anlisa Kegagalan

Dalam suatu rekayasa teknik, merupakan hal yang penting menentukan batasan tegangan yang menyebabkan kegagalan dari material tersebut. Dalam menggunakan teori kegagalan yang penting adalah menentukan tegangan utama (*principal stress*). Ada tiga teori kriteria kegagalan statis yang biasa dipakai antara lain sebagai berikut.

1. Teori Tegangan Normal Maksimum

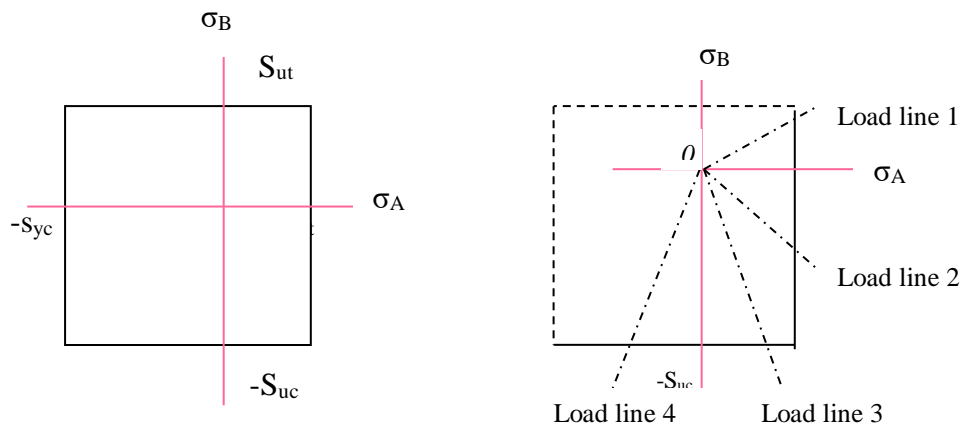
Teori ini menyatakan bahwa kegagalan terjadi bila salah satu dari tegangan utama (*principal stress*) sama dengan kekuatan dari materia. Sebagai contoh untuk tegangan utama setiap keadaan disusun dalam bentuk $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$.

Jika kriteria kegagalan adalah titik luluh (yield), teori ini memperkirakan kegagalan terjadi jika

$$\sigma_1 = S_{yt} \text{ atau } \sigma_3 = -S_{yc} \quad (2.5)$$

Dimana S_{yt} dan S_{yc} adalah kekuatan luluh terhadap gaya tarik dan gaya tekan. Kalau yang dipakai adalah kekuatan akhir, seperti pada bahan yang rapuh, maka kegagalan terjadi jika

$$\sigma_1 = S_{ut} \text{ atau } \sigma_3 = -S_{uc}$$



Gambar 2.5. Teori tegangan normal maksimum (MNS) dan garis beban (Prastiyo,2018)

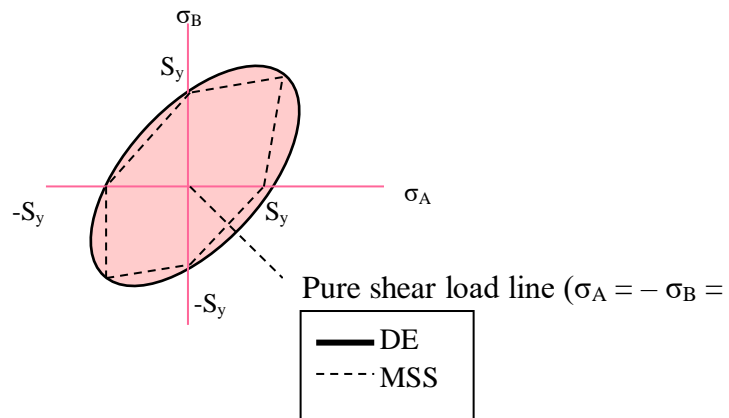
2. Teori Tegangan *Von Misses*

Teori ini memperkirakan suatu kegagalan mengalah dalam tegangan geser yang memadai lebih besar dari yang diperkirakan oleh teori tegangan geser maksimal. Untuk analisis perancangan akan lebih mudah jika kita menggunakan tegangan *von misses* yaitu persamaan yang berkaitan dengan suatu tegangan dalam tiga sumbu adalah sebagai berikut.

$$\sigma' = \sqrt{\frac{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2}{2}} \quad (2.6)$$

Hal ini akan terjadi kegagalan jika

$$\sigma' \geq S_y \quad (2.7)$$



Gambar 2.6. Perbandingan teori tegangan geser maksimum dengan distorsi energi

Dari percobaan – percobaan yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa teori energi distorsi (*von misses*) mempekirakan kegagalan dengan ketelitian tertinggi pada semua kuadran.

2.10. Rumus yang digunakan

Adapun rumus yang digunakan untuk merancang *punch* dan *dies* adalah sebagai berikut.

1. Ukuran Blank

Kombinasi dari drawing, aliran material dan handling pada proses pembentukan material sehingga menjadi bentuk jadi akan menimbulkan masalah, menjamin bahwa selama proses tidak terjadi kekurangan material. Berikut adalah rumus untuk mencari ukuran blank.

Diameter tengah produk (d_x)

$$d_x = \frac{d_1 + d_2}{2} \quad (2.8)$$

Sisi miring (a)

$$d_0 = (d_2 - d_1) / 2$$
$$a = \sqrt{d_0^2 + h^2} \quad (2.9)$$

Diameter Blank (D)

$$D = \sqrt{d_1^2 + 4 \cdot d_x \cdot a + (d_3^2 - d_2^2)} \quad (2.10)$$

2. Drawing Ratio (m)

$$m = \frac{d_x}{D} \quad (2.11)$$

3. Gaya Pembentukan

$$F_Z = U \cdot t \cdot \sigma_B \cdot a = \pi \cdot d_x \cdot m \cdot \sigma_B \quad (2.12)$$

4. Gaya Pengendali Blank (F_B)

$$F_B = A \cdot p = \pi / 4 \cdot (D^2 - d_x^2) \cdot p \quad (2.13)$$

Mencari harga p :

$$\beta = 1 / m \quad d = D / \beta \quad (2.14)$$

5. Gaya Total Pembentukan (F_{DD})

$$F_{DD} = F_Z + F_B \quad (2.15)$$

b. Perhitungan Dimensi *Punch* dan *Dies*

Berikut ini adalah langkah-langkah yang harus di perhitungkan untuk merencanakan ukuran *punch* dan *dies*.

1. *Clearance*

Rumus *clearance deep drawing* :

$$\delta = t + 0,02 \cdot \sqrt{10 \cdot t} \quad (2.16)$$

2. Dimensi *Punch* dan *Dies*

a. *Deep Drawing*

$$\text{Punch} : D_n = d_n - 2\delta$$

$$\text{Dies} : D_n' = d_n$$

Mencari dimensi *punch* :

$$D_n = D_1 = d_1 - 2\delta \quad (2.17)$$

$$D_x = d_x - 2\delta \quad (2.18)$$

$$D_2 = d_2 - 2\delta \quad (2.19)$$

Mencari dimensi *dies* :

Dimensi *dies* sama dengan ukuran spesimen yang akan dibuat, yaitu :

Mencari radius *dies* :

$$r_R = 0,05 \cdot [50 + (D - d_1)] \cdot \sqrt{t} \quad (2.20)$$

Mencari radius *punch* :

$$r_P = 6 \cdot t \quad (2.21)$$

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1. Tempat Penelitian

Adapun tempat dilaksanakannya Penelitian ini di Laboratorium Mekanika kekuatan Material Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Jalan Kapten Muchtar Basri No.3 Mesin.

3.1.2. Waktu Penelitian

Pengerjaan Pengujian Penelitian ini silakukan mendapat persetujuan dari dosen pembimbingan, dapat dilihat pada tabel 3.1 dibawah ini ;

Tabel 3.1. Waktu Penelitian

No	Kegiatan	(Bulan)							
		11	12	1	2	3	4	5	
1	Pengajuan Judul								
2	Studi Literatur								
3	Perancangan Alat								
4	Penyelesaian Srikspsi								
5	Seminar								
6	Sidang								

3.2. Bahan Dan Alat Yang Digunakan

3.2.1. Bahan yang digunakan

Adapun bahan yang akan digunakan dalam perancangan *Punch* dan *Dies* bentuk mangkuk yaitu:

1. Pelat baja karbon sedang untuk *Punch* dan *Dies*
2. Pelat *Stainless Steel*

3.2.2. Alat Yang Digunakan

Adapun peralatan yang digunakan pada perancangan *Blank Holder* pada proses *Deep Drawing* yaitu:

1. Jangka Sorong

Fungsi jangka sorong ini adalah alat untuk mengukur diameter dudukan (tapak) untuk *Dies*.



Gambar 3.1. Jangka Sorong

2. Laptop

Fungsi laptop ini adalah alat untuk merancang *Punch* dan *Dies* bentuk mangkuk pada mesin *Deep Drawing*, spesifikasi laptop yang digunakan adalah sebagai berikut.

1. Processor: AMD A8-4500M APU with Radeon™ HD Graphics 190GHz
2. RAM: 4.00 GB

3. Operating system : Windows 8.1 Pro



Gambar 3.2. Laptop

3. Software Solidworks

Solidworks adalah *Software* yang digunakan untuk pembuatan desain *Blank Holder* pada proses *Deep Drawing*. *Solidwork* yang digunakan adalah *solidwork* 2014, yang didalamnya terdapat *sketch* gambar 3D adalah sebagai berikut.

1. Processor: AMD A8-4500M APU with Radeon™ HD Graphics 190GHz
2. RAM : 4.00 GB



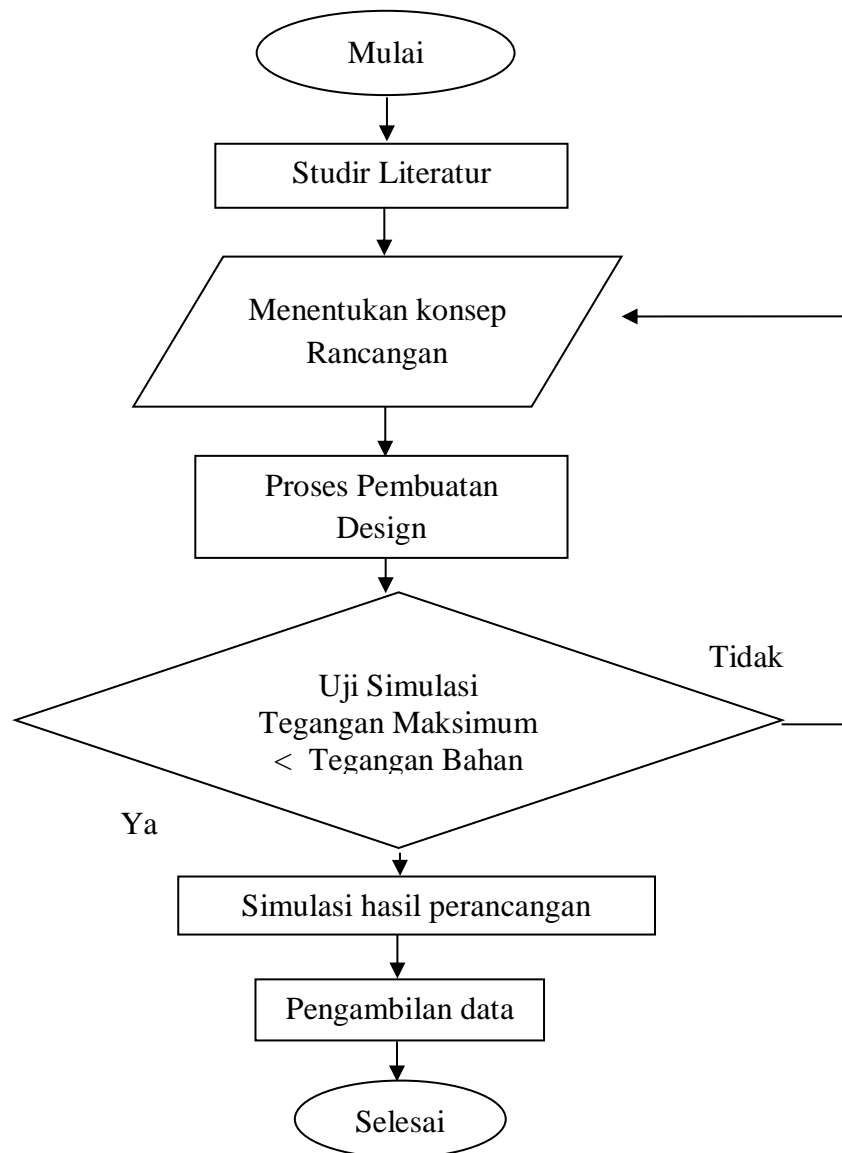
Gambar 3.3. Tampilan *Software Solidworks* 2014

3.3. Prosedur Perancangan

Adapun prosedur perancangan yang dilakukan untuk perancangan *Punch* dan *Dies* adalah sebagai berikut.

1. Melihat kondisi mesin *Deep Drawing* yang telah dibuat sebelumnya untuk merencanakan bentuk rancangan
2. Melakukan pengukuran pada *part* yang akan diletakkan *Punch* dan *Dies*
3. Melakukan perhitungan dari data yang telah dikumpulkan untuk merancang (mendesain) *Punch* dan *Dies*
4. Mendesain hasil pengumpulan data dan perhitungan menjadi suatu bentuk yaitu *Punch* dan *Dies*.

3.4. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.4. Diagram Alir Penelitian

3.5. Tahapan Desain

Adapun komponen-komponen yang akan didesain dalam Perancangan Blank Holder pada Proses Deep Drawing adalah :

1. Spesimen (Produk yang dicetak)
2. *Punch*
3. *Dies*

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Ukuran Blank

Ukuran blank adalah diameter awal lembaran sebelum dilakukan proses pembentukan. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah stainless steel dengan ketebalan 1 mm. Adapun data-data yang akan direncanakan adalah sebagai berikut.

Diameter sisi bawah produk (d_1)	= 50 mm
Diameter sisi atas produk (d_2)	= 90 mm
Diameter setelah proses deep drawing	= 110 mm
Diameter sisi tengah produk (d_x)	= 70 mm
Sisi miring produk (a)	= 63,25 mm
Tinggi produk (h)	= 60 mm
Tebal material produk	= 1 mm

1. Mencari diameter tengah produk (d_x)

$$d_x = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{50 + 90}{2} = 70 \text{ mm}$$

2. Mencari sisi miring (a)

$$d_0 = (d_2 - d_1) / 2 = (90 - 50) / 2 = 20 \text{ mm}$$

$$a = \sqrt{d_0^2 + h^2} = \sqrt{20^2 + 60^2} = \sqrt{400 + 3600} = 63,25 \text{ mm}$$

Sehingga besarnya diameter *blank* (D) untuk *shell silindrisitu*, yaitu:

$$D = \sqrt{d_1^2 + 4 \cdot d_x \cdot a + (d_3^2 - d_2^2)}$$

$$D = \sqrt{50^2 + 4 \cdot 70 \cdot 63,25 + (110^2 - 90^2)}$$

$$D = \sqrt{2500 + 17724 + 4000}$$

$$D = 155.6 \text{ mm}$$

Untuk menghindari kekurangan specimen saat dicetak, maka ukuran diameter blank diperbesar dari ukuran perhitungan yaitu 160 mm².

3. Drawing Rasio (m)

$$m = \frac{d_x}{D} = \frac{70}{160} = 0,43mm$$

4. Gaya Pembentukan

$$F_Z = U \cdot t \cdot \sigma_B \cdot a = \pi \cdot d_x \cdot m \cdot \sigma_B$$

$$F_Z = 3,14 \cdot 70mm \cdot 0,43mm \cdot 51,5kg/mm^2$$

$$F_Z = 6,792kg$$

5. Gaya Pengendali Blank (F_B)

$$F_B = A \cdot p = \pi/4 \cdot (D^2 - d_x^2) \cdot p$$

Mencari harga p:

$$p = 0,0025 \cdot \left[(\beta - 1)^2 + \frac{0,5 \cdot d}{100 \cdot t} \right]$$

$$\beta = 1/m$$

$$d = D/\beta$$

$$\beta = 1/0,6 = 1,7$$

$$d = 160/1,7 = 94,11$$

Sehingga, $p = 0,0025 \cdot \left[(1,7 - 1)^2 + \frac{0,5 \cdot 94,11mm}{100 \cdot 0,43mm} \right] \cdot 51,5kg/mm^2$

$$p = 0,0025 \cdot 1,0577 \cdot 51,5kg/mm^2 = 0,136kg/mm^2$$

Maka,

$$F_B = 3,14 / 4 \cdot (160^2 - 70^2) \text{ mm}^2 \cdot 0,136 \text{ kg} / \text{ mm}^2 = 2209,9 \text{ kg}$$

6. Gaya Total Pembentukan (F_{DD})

$$F_{DD} = F_Z + F_B$$

$$F_{DD} = 6,792 + 2209,9 = 9001,9 \text{ kg}$$

7. Perhitungan Dimensi *Punch* dan *Dies*

Berikut ini adalah langkah-langkah yang harus di perhitungkan untuk merencanakan ukuran *punch* dan *dies*.

a. *Clearance*

Rumus *clearance deep drawing* :

$$\delta = t + 0,02 \cdot \sqrt{10 \cdot t}$$

$$\delta = 0,43 \text{ mm} + 0,02 \cdot \sqrt{10 \cdot 0,43 \text{ mm}} = 0,47 \text{ mm}^2 = 0,5 \text{ mm}^2$$

b. Dimensi *Punch* dan *Dies*

1. *Deep Drawing*

$$\text{Punch} : D_n = d_n - 2\delta$$

$$\text{Die} : D_n' = d_n$$

Men cari dimensi *punch* :

$$\begin{aligned} D_n = D_1 &= d_1 - 2\delta \\ &= 50 \text{ mm} - 2 \times 0,5 \text{ mm} = 49 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_x &= d_x - 2\delta \\ &= 70 \text{ mm} - 2 \times 0,5 \text{ mm} = 69 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$D_2 = d_2 - 2\delta$$

$$= 90 \text{ mm} - 2 \times 0,5 \text{ mm} = 89 \text{ mm}$$

$$a = 63,3 \text{ mm}$$

Mencari dimensi *dies* :

Dimensi *dies* sama dengan ukuran spesimen yang akan dibuat, yaitu :

$$D_1' = 49 \text{ mm}$$

$$D_2' = 89 \text{ mm}$$

$$D_x' = 69 \text{ mm}$$

$$a = 63,25 \text{ mm}$$

Mencari radius *dies* :

$$r_R = 0,05 \cdot [50 + (D - d_1)] \cdot \sqrt{t}$$

$$r_R = 0,05 \cdot [50 + (160 - 50)] \cdot \sqrt{0,43} = 5,24 \text{ mm}$$

Mencari radius *punch* :

$$r_p = 6 \cdot t$$

$$r_p = 6 \cdot 0,43 = 2,58 \text{ mm}$$

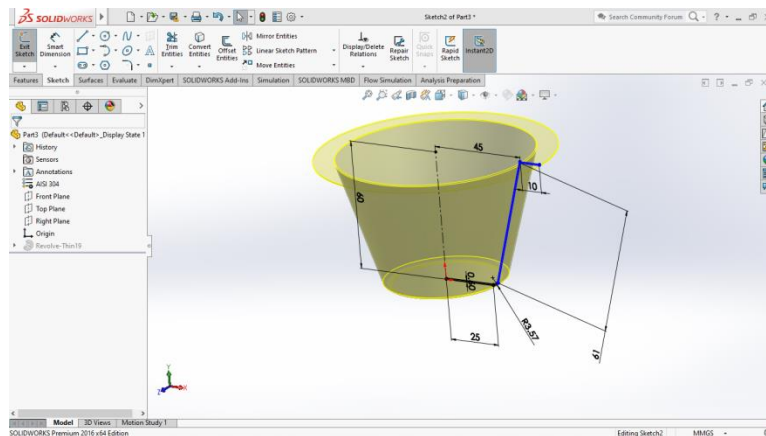
4.2. Proses Perancangan *Design*

A. Spesimen (Produk yang dicetak)

Adapun langkah-langkah dalam mendesain spesimen adalah sebagai berikut:

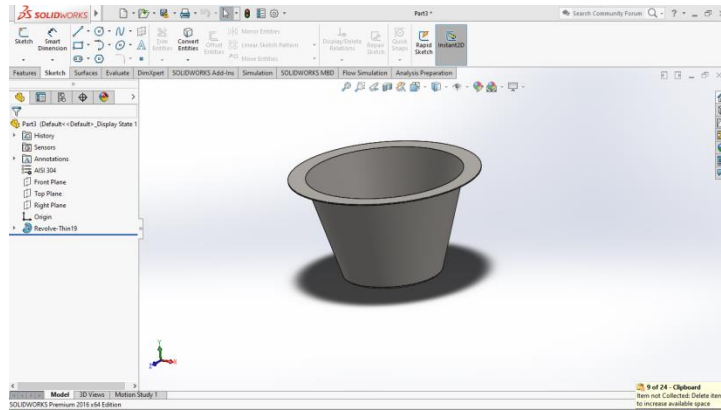
1. Buka software solidwork, lalu pilih new, kemudian pilih part lalu klik ok
2. klik front plane dan klik sketch sebagai pandangan awal untuk menggambar spesimen, setelah itu klik line pada toolbar, lalu pilih centerline (garis putus-putus), arahkan pada tanda panah berwarna merah, klik lalu tarik keatas, lalu klik smart dimension dan atur tingginya lalu klik ceklis

3. Setelah itu klik lagi line dan pilih line, arahkan cursor ke ujung garis putus-putus bagian bawah, lalu klik dan tarik kearah kanan, kemudian klik smart dimension dan atur panjangnya
4. kemudian lakukan hal yang sama seperti langkah no 3 namun cursor diarahkan dibagian atas
5. setelah pembuatan line selesai, pilih 3 point arc, lalu arahkan ke line yang atas kemudian tarik kearah line bawah, lalu atur kelengkungan sesuai perancangan
6. kemudian cut line atas dengan menu trim, lalu pilih offset untuk mengatur ketebalan mangkuk, dengan cara mengklik offset lalu atur tebal nya, kemudian klik bagian lengkungan dan klik ceklis



Gambar 3.5 Dimensi Produk

7. setelah itu pilih kembali line, buat garis di bagian lengkungan yang telah di offset pada bagian atas lalu klik ceklis
8. selanjutnya pilih features, lalu klik revolved boss/base, maka akan muncul bentuk dari mangkuk yang akan dibuat, setelah itu klik ceklis, dan selesai

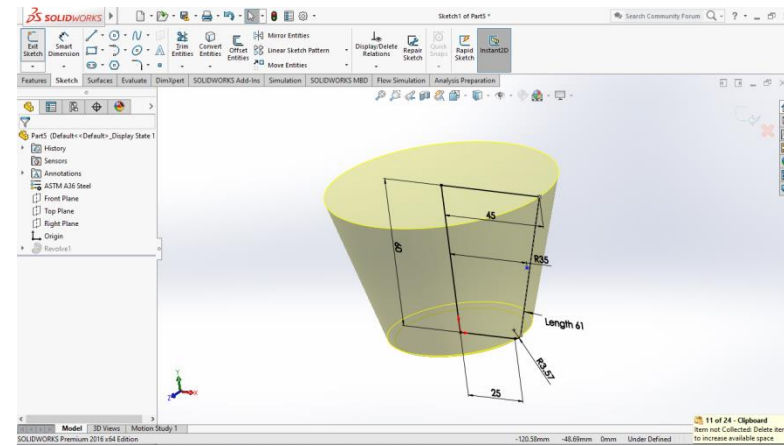


Gambar 4.1 Hasil Produk

B. Cetakan bawah

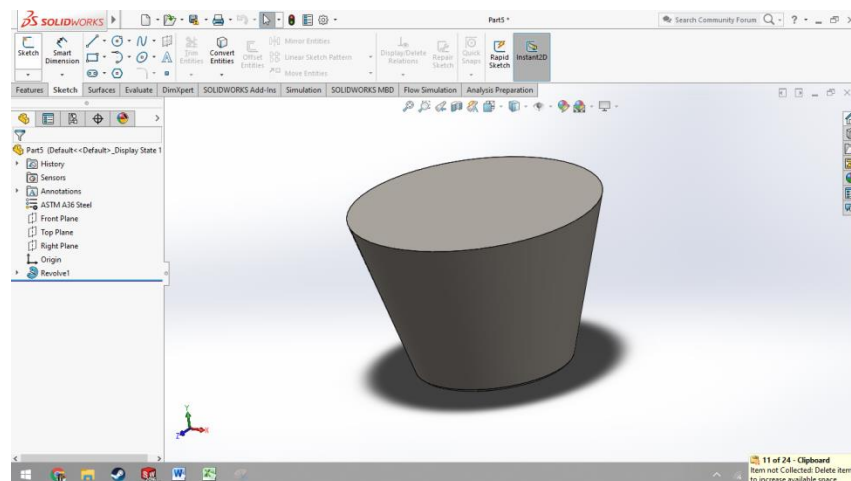
Adapun langkah-langkah dalam membuat cetakan bawah (*Punch*) adalah sebagai berikut:

1. Buka software solidwork, lalu pilih new, kemudian pilih part lalu klik ok
2. klik front plane dan klik sketch sebagai pandangan awal untuk menggambar spesimen, setelah itu klik line pada toolbar, lalu pilih centerline (garis putus-putus), arahkan pada tanda panah berwarna merah, klik lalu tarik keatas, lalu klik smart dimension dan atur tingginya lalu klik ceklis.
3. Setelah itu klik lagi line dan pilih line, arahkan cursor ke ujung garis putus-putus bagian bawah, lalu klik dan tarik kearah kanan, kemudian klik smart dimension dan atur panjangnya
4. kemudian lakukan hal yang sama seperti langkah no 3 namun cursor diarahkan dibagian atas
5. setelah pembuatan line selesai, pilih 3 point arc, lalu arahkan ke line yang atas kemudian tarik kearah line bawah, lalu atur kelengkungan sesuai perancangan



Gambar 4.2 Dimensi Dies

6. selanjutnya pilih features, lalu klik revolved boss/base, maka akan muncul bentuk dari dies yang akan dibuat, setelah itu klik ceklis, dan selesai



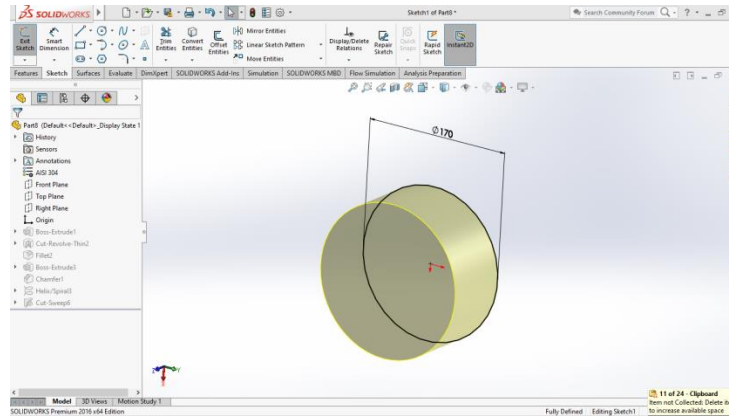
Gambar 4.3 Hasil Design Dies

C. Cetakan Atas

Adapun langkah-langkah dalam membuat cetakan atas (*Dies*) adalah sebagai berikut:

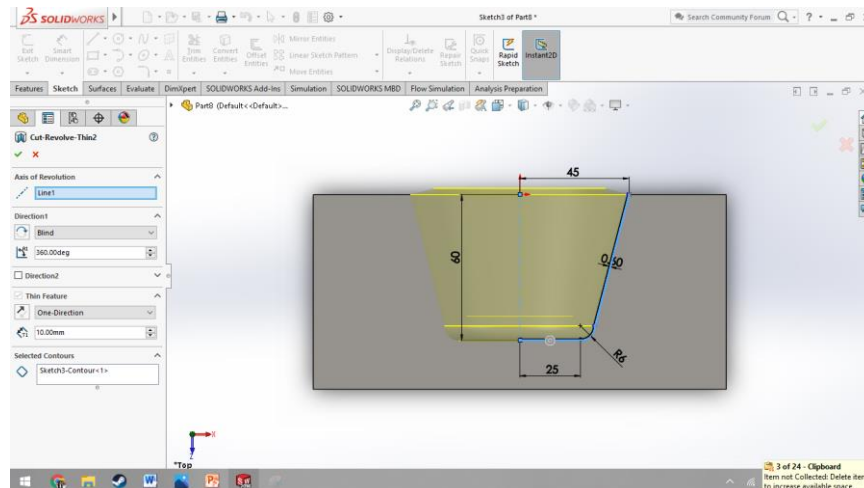
1. Klik front plane dan klik sketch, kemudian pilih line dan klik centerline, lalu arahkan ke tanda panah berwarna merah dan klik lalu tarik kearah atas
2. klik smart dimension untuk mengatur ukurannya
3. kemudian klik kembali line, lalu pilih dan klik line, arahkan ke bagian bawah garis hubung, lalu tarik kearah kanan, lakukan kembali di bagian atas garis penghubung, dan bagian tegak antara garis atas dengan bawah

4. kemudian klik smart dimension lalu atur ukurannya
5. klik lagi circle, lalu klik pada panah berwarna merah dan geser hingga membentuk lingkaran, lalu klik smart dimension dan atur diameternya
6. lalu klik features dan klik extruded boss/base, lalu atur ukurannya dan klik ceklis



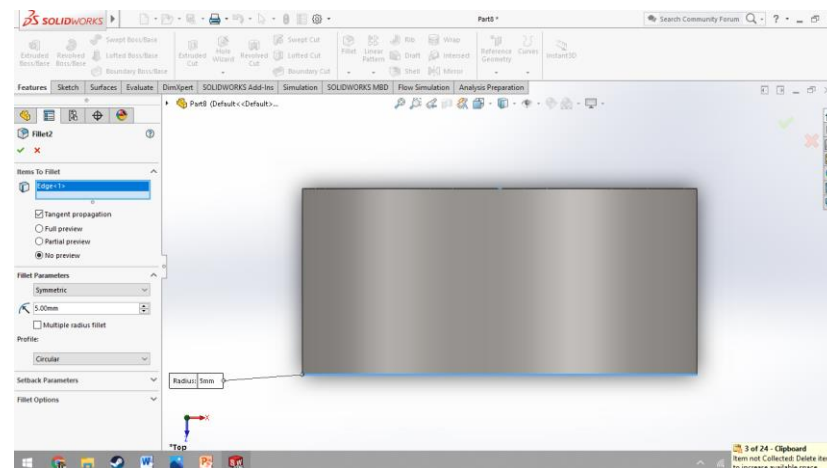
Gambar 4.4 Extrude Sesuai ukuran

7. setelah itu klik features, lalu klik revolved cut, klik yes, kemudian klik ceklis
8. selanjutnya klik permukaan bagian bawah yang telah direvolved, kemudian klik kanan dan klik sketch lalu klik normal to
9. lalu klik circle kemudian klik di panah berwarna merah dan geser hingga membentuk lingkaran, lalu klik smart dimension dan atur diameternya
10. setelah itu klik features dan klik boss extruded cut, lalu atur ukurannya sesuai yang direncanakan
11. kemudian klik lagi pada permukaan yang telah di extruded cut, lalu klik sketch dan klik normal to



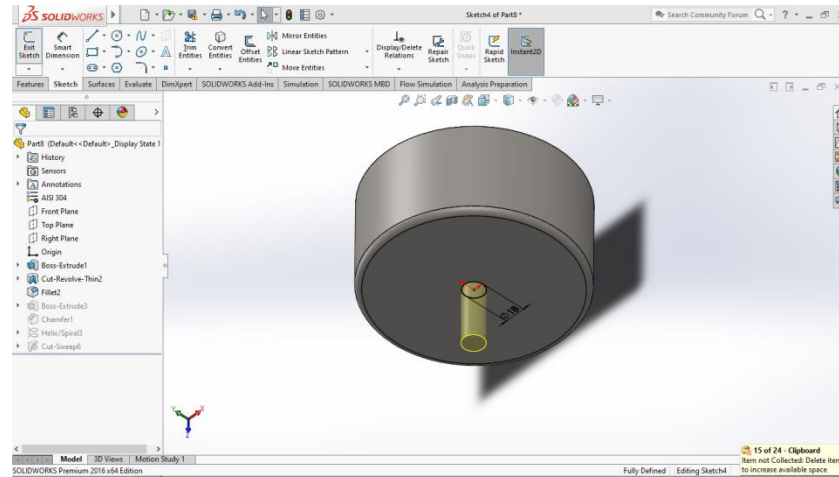
Gambar 4.5 Extrude Cut sesuai ukuran

12. setelah itu klik fillet, pilih bagian yang akan di fillet, atur ukuran filletnya kemudian klik ceklis



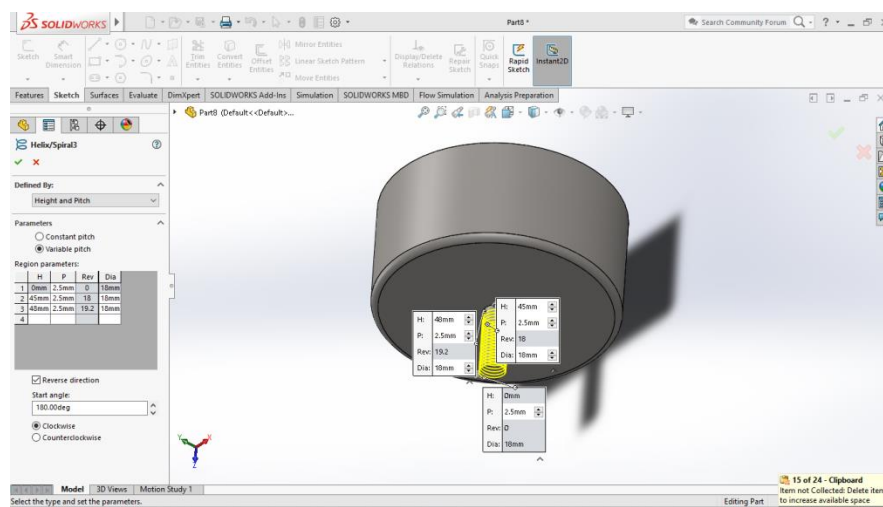
Gambar 4.6 Fillet sesuai ukuran

13. lalu klik kembali pada permukaan yang di extruded boss/base tadi, lalu klik sketch dan klik normal to
14. selanjutnya klik convert entities, dan klik pada lingkaran yang akan diconvert entities, lalu klik ceklis



Gambar 4.7 Convert Entities sesuai ukuran

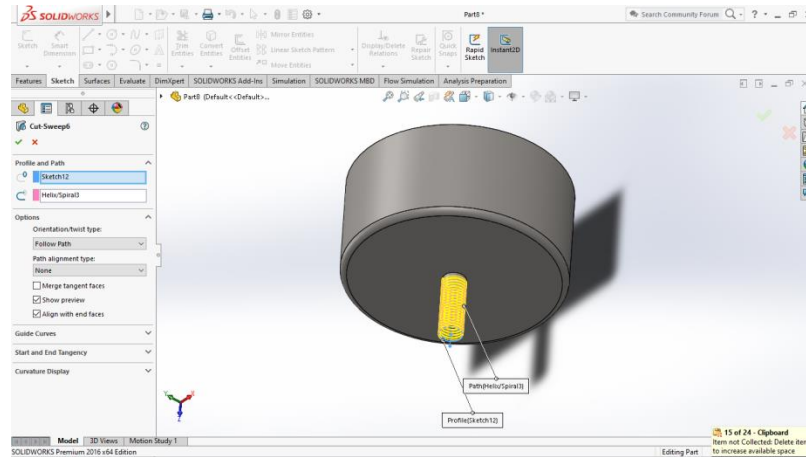
15. setelah itu klik features, pilih curves lalu klik helix and spiral, atur ukurannya dan klik ceklis
16. kemudian klik front plane, lalu klik sketch dan klik normal to. lalu klik line dan klik centerline, kemudian klik di bagian permukaan yang di extruded boss/base terkahir kali, setelah itu tarik garis keatas atau kearah keluar, kemudian klik ceklis



Gambar 4.8 Helix and Spiral sesuai ukuran

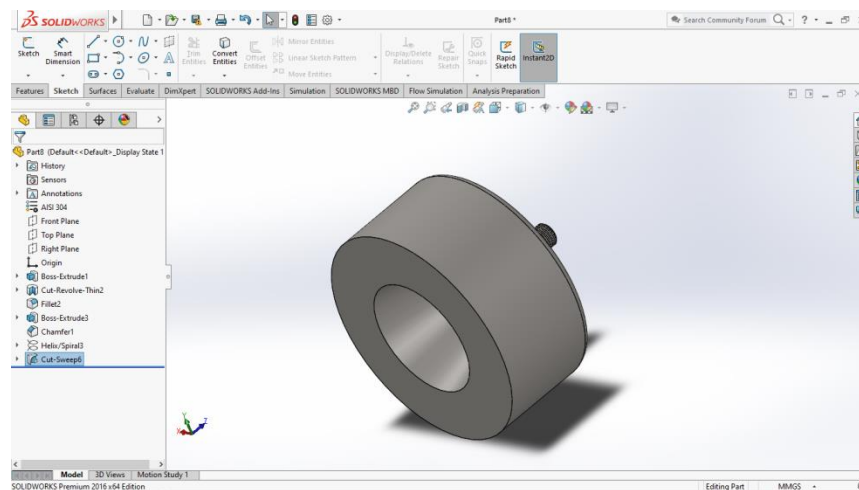
17. setelah itu klik chamfer, kemudian pilih bagian yang akan di chamfer, atur ukurannya dan klik ceklis
18. selanjutnya klik polygon, lalu ganti segi enam menjadi segitiga, kemudian buat segitiga didekat ujung yang di chamfer dengan ujung segitiga menghadap ke arah garis penghubung, ke,duain klik smart dimension lalu atur ukurannya lalu klik ceklis

19. kemudian klik features dan klik sweep cut, pada pilihan kotak pink dan biru dipilih sesuai dengan perintah yaitu, kotak berwarna biru untuk segitiga sedangkan yang berwarna pink untuk ulir atau helix nya, setelah itu klik ceklis, maka ulir telah selesai.



Gambar 4.9 Sweep Cut sesuai ukuran

20. Selesai



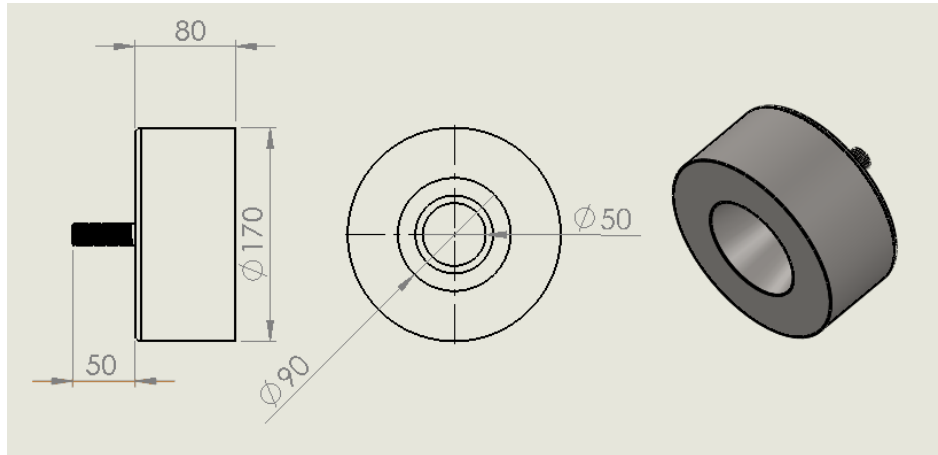
Gambar 4.10 Hasil Punch

4.3 Hasil Perancangan

Adapun perancangan yang dilakukan yaitu perancangan pada *punch*, *dies*, dan spesimen yang akan di cetak. Berikut ini adalah hasil rancangan *punch*, *dies*, dan spesimen yang akan di cetak.

1. Dies

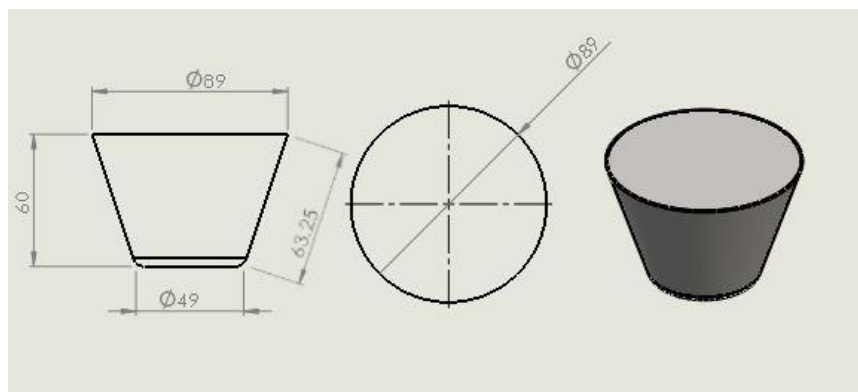
Dies dirancang dengan menggunakan software *solidwork 2014* dengan ukuran seperti gambar dibawah :



Gambar 4.11. Dimensi *Dies*

2. Punch

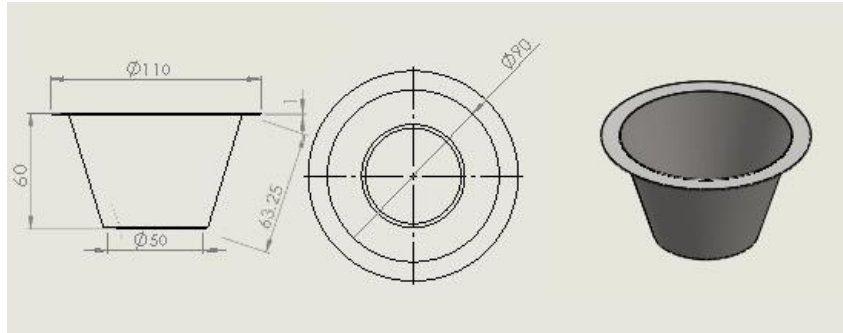
Punch dirancang dengan menggunakan software *solidwork 2014* dengan ukuran seperti gambar dibawah :



Gambar 4.12. Dimensi *Punch*

3. Spesimen yang dicetak

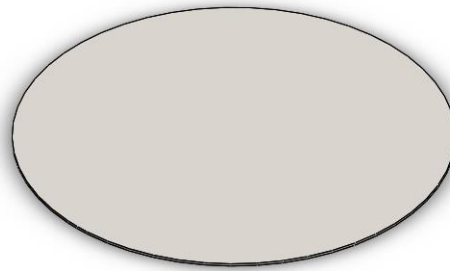
Spesimen dirancang dengan menggunakan software *solidwork 2014* dengan ukuran seperti gambar dibawah :



Gambar 4.13. Dimensi Spesimen

4.4 Hasil Simulasi

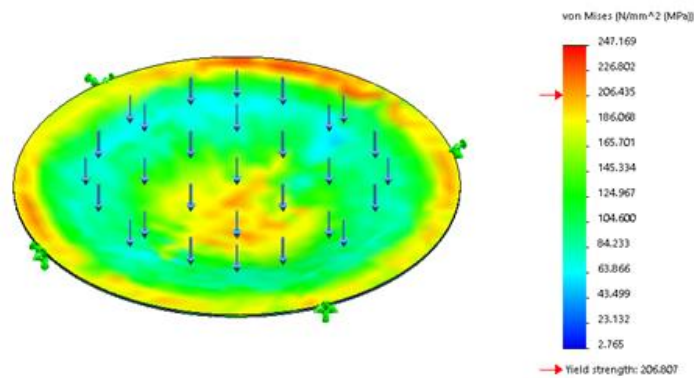
Pada pengujian ini, kita akan melihat distribusi tegangan yang terjadi pada pelat material berdiameter 160 mm, tebal 1 mm, permukaan tekan 110 mm dengan bahan material yaitu Aisi 304 dan variasi beban yaitu sebesar 100 Kg, 150 Kg, dan 200 Kg.



Gambar 4.14 Plat Material

4.4.1 Simulasi Tegangan beban 100 Kg

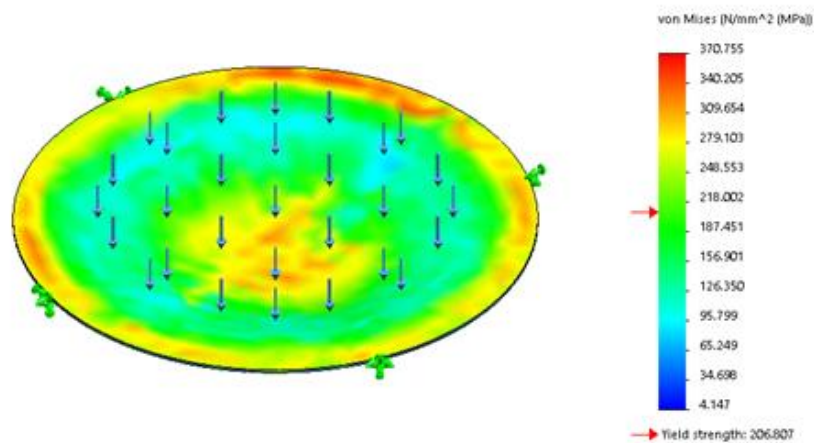
Simulasi dengan pemberian beban sebesar 100 kg dengan tegangan bahan yaitu 517.17 N/mm^2 maka diperoleh nilai tegangan maksimum adalah 247.169 N/mm^2 . Dari hasil simulasi tegangan maksimum < tegangan bahan, maka bahan aman untuk digunakan.



Gambar 4.15. Simulasi Tegangan Beban 100 Kg

4.4.2 Simulasi Tegangan beban 150 Kg

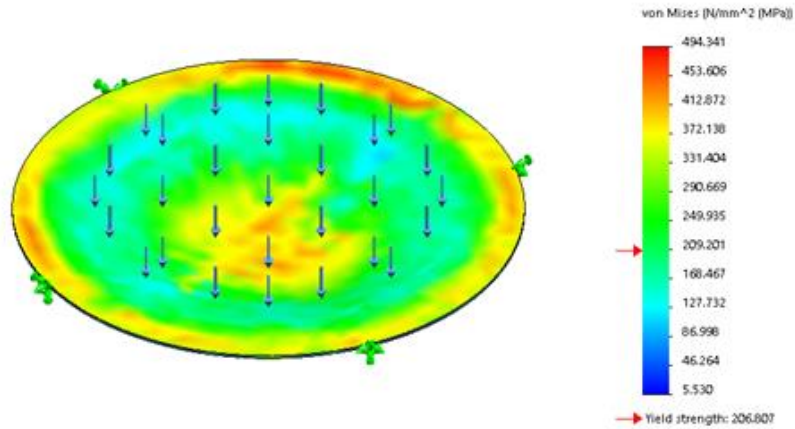
Simulasi dengan pemberian beban sebesar 150 kg dengan tegangan bahan yaitu 517.17 N/mm^2 maka diperoleh nilai tegangan maksimum adalah 370.755 N/mm^2 . Dari hasil simulasi tegangan maksimum < tegangan bahan, maka bahan aman untuk digunakan



Gambar 4.16. Simulasi Tegangan Beban 150 Kg

4.4.3 Simulasi Tegangan Beban 200 Kg

Simulasi dengan pemberian beban sebesar 200 kg dengan tegangan bahan yaitu 517.17 N/mm^2 maka diperoleh nilai tegangan maksimum adalah 494.314 N/mm^2 . Dari hasil simulasi tegangan maksimum < tegangan bahan, maka bahan aman untuk digunakan

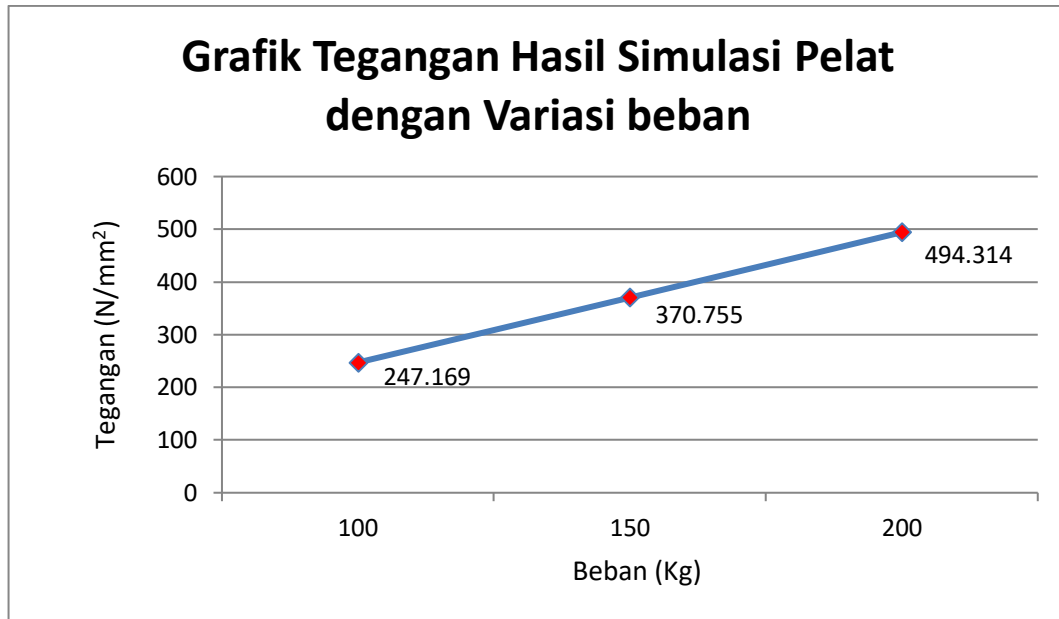


Gambar 4.17. Simulasi Tegangan Beban 200 Kg

Berdasarkan hasil simulasi secara keseluruhan, maka diperoleh data seperti pada tabel 4.1. dibawah ini.

Tabel 4.1. Hasil simulasi tegangan

Beban (Kg)	Tegangan (N/mm^2)
100	247.169
150	370.755
200	494.314



Gambar 4.18. Grafik Tegangan Hasil Simulasi Pelat dengan Variasi beban

Pada beban sebesar 100 kg dengan tegangan bahan yaitu 517.17 N/mm^2 maka diperoleh nilai tegangan maksimum adalah 247.169 N/mm^2 . Dari hasil simulasi tegangan maksimum < tegangan bahan, maka bahan aman untuk digunakan.

Pada beban sebesar 150 kg dengan tegangan bahan yaitu 517.17 N/mm^2 maka diperoleh nilai tegangan maksimum adalah 370.755 N/mm^2 . Dari hasil simulasi tegangan maksimum < tegangan bahan, maka bahan aman untuk digunakan

Pada beban sebesar 200 kg dengan tegangan bahan yaitu 517.17 N/mm^2 maka diperoleh nilai tegangan maksimum adalah 494.314 N/mm^2 . Dari hasil simulasi tegangan maksimum < tegangan bahan, maka bahan aman untuk digunakan

BAB 5 KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan *Punch* dan *Dies* bentuk mangkuk pada mesin *Deep Drawing*, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada perancangan *Punch* dan *Dies*, material yang digunakan adalah baja st37.
2. Pada perancangan spesimen, material yang digunakan adalah stainless steel 304 dengan diameter blank yaitu 160 mm.
3. Berdasarkan hasil perancangan *punch*, diperoleh ukuran valid yaitu: $D_1 = 50$ mm, $D_2 = 90$ mm, $D_x = 70$ mm, dan $a = 63,25$ mm.
4. Berdasarkan hasil perancangan *dies*, diperoleh ukuran valid yaitu: $d_1 = 49$ mm, $d_2 = 89$ mm, $d_x = 69$ mm, dan $a = 63,25$ mm.
5. Gaya – gaya yang diperoleh pada proses *deep drawing* yaitu gaya pembentukan (F_z) = 6,792 kg, gaya pengendali blank (F_B) = 2209,9 kg, dan gaya total pembentukan (F_{DD}) = 9001,9 kg.
6. Dari hasil simulasi diperoleh data yaitu, beban 100 kg besar tegangan maksimumnya adalah 247.169 N/mm², beban 150 kg besar tegangan maksimumnya adalah 370.755 N/mm², beban 200 kg besar tegangan maksimumnya adalah 494.314 N/mm².
7. Dari hasil simulasi tegangan pada pelat *blank holder* dengan variasi pembebanan yaitu 100 kg, 150 kg dan 200 kg, tegangan maksimum yang terjadi lebih kecil dari tegangan yang diizinkan yaitu 517.17 N/mm², maka bahan aman untuk digunakan.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil rancangan *Punch* dan *Dies* bentuk mangkuk, maka masih perlu adanya pengembangan bagian komponen yang lain seperti pemotong material yang akan dibentuk agar spesimen menjadi lebih akurat dari segi ukuran, dan kombinasi-kombinasi alat lainnya untuk mengurangi cacat terhadap pembuatan spesimen.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Hasnan. S., (2006). *Mengenal Proses Deep Drawing*. Jakarta
- Dassault Systemes Solidwork Corporation, (2011), *Solidwork Essentials, Massachusets*
- Eugene, D, Ostergaard, (1967), *Advance Die Making*, Prentice Hall, New Jersey
- Endjang Pratiatna, Hanif Azis Budiarto (2016) , *Perancangan Cobination Tools Proses Cutting Dan Forming Pada Pembuatan Alumunium Cup*, Politeknik Negeri Bandung.
- Irawan, Agustinus Purna, (2017), *Perancangan dan Pengembangan Produk Manufaktur*, Yogyakarta, ANDI.
- Idiar, dkk., *Rancang Bangun Cetakan Drawing Produk Asbak Dari Bahan Aluminium*, Jurusan Teknik Mesin, Polman Negeri Babel.
- Jaka Subrata, 2007 *Analisa Dan Perancangan Cetakan Deep Drawing Komponen Bodi Sekali Langkah Diperoleh 3 Proses*, Tugas Akhir, Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Mercu Buana Jakarta.
- Kalpakjian, 2005, *Manufacturing, Engineering and Technology*
- Mohamad Yusa' Shofiyanto, 2009, *Simulasi Proses Deep Drawing Dengan Pelat jenis Tailored Blank*, Jurusan Teknik mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Prastiyo, Yudi, 2018, *Analisa Numerik Kekuatan Rangka Pada Prototype Elevator Pabrik Kelapa Sawit*, Tugas Sarjana, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Riona Ihsan Media, dkk. 2017, *Combination Tool Air Vent Non-Cylinder Dengan Metode VDI 2222*, Teknik Perancangan Manufaktur, Politeknik Negri Bandung.
- Sharma, P. C., 2002, *A Text Book of Production Engineering*, S. Chand and Company Ltd. New Delhi
- Soegiatno Rahardjo, Wisnu Tri Yulianto, *Analisa Tegangan Pada Pembentukan Komponen Grommet Gasket Exhaust Sepeda Motor Melalui Deep Drawing*, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Sularso, Suga Kiyokatsu. 1978. *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Cetakan ke-11, Jakarta, Pradnya Paramita.
- Theryo, 2009, *Manufacturing Processes for Engineering Materials*

LAMPIRAN

**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2020 – 2021**

Peserta seminar
 Nama : Nazaruddin
 NPM : 1407230029
 Judul Tugas Akhir : Perancangan Punch Dan Dies Bentuk Mangkuk Pada Mesin Deep Drawing.

DAFTAR HADIR	TANDA TANGAN
Pembimbing – I : Khairul Umurani.S.T.M.T	<i>Khairul Umurani</i>
Pembimbing – II : Sudirman Lubis.S.T.M.T	<i>Sudirman Lubis</i>
Pembanding – I : H.Muharnif.S.T.M.Sc	<i>H.Muharnif</i>
Pembanding – II : Affandi.S.T.M.T	<i>Affandi</i>

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1607230076	FIRMAN ALWI ARIENSI	<i>Firman Alwi Ariensi</i>
2	1607230128	Bintang Muliana	<i>Bintang Muliana</i>
3	1507230212	Muhammad Daud	<i>Muhammad Daud</i>
4	1507230111	Muhammad Hadi AL-Fasha	<i>Muhammad Hadi AL-Fasha</i>
5	1507230660	PIRAWANDANA MARDAVA	<i>Pirawandana Mardava</i>
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 10 Ramadhan 1442 H
 22 April 2021M

Kaprodi Teknik Mesin



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

NAMA :Nazaruddin
NPM :1407230029
Judul T.Akhir :Perancangan Punch dan Dies Bentuk Mangkuk Pada Mesin
Deep Drawing.

Dosen Pembimbing - I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembimbing -II : Sudirman Lubis.S.T.M.T
Dosen Pembanding - I : H.Muharnif.S.T.M.Sc
Dosen Pembanding - II : Affandi.S.T.M.T

KEPUTUSAN

- 2) Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

.....
Korrek banu skripsi
.....
.....


- 3) Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

.....
.....
.....

Medan 10 Ramadhan 1442 H
22 April 2021 M

Diketahui :
Ketua Jurusan T.Mesin

Affandi.S.T.M.T


Dosen Pembanding - I

H.Muharnif.S.T.M.Sc

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

NAMA :Nazaruddin
NPM :1407230029
Judul T.Akhir :Perancangan Punch dan Dies Bentuk Mangkuk Pada Mesin
Deep Drawing.

Dosen Pembimbing - I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembimbing -II : Sudirman Lubis.S.T.M.T
Dosen Pembanding - I : H.Muharif.S.T.M.Sc
Dosen Pembanding - II : Affandi.S.T.M.T

KEPUTUSAN

- 1 Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
- 2 Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
 - Hasil Perancangan / Konsep Perancangan
 - Abstrak
 - Bab. IV
 - Gbr. Diker
- 3 Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....

Medan 10 Ramadhan 1442 H
22 April 2021 M



Dosen Pembanding - II

Affandi, S.T.M.T.



Umsu
Hala menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

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

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

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor/1904/IL3AU/UMSU-07/F/2020

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

Nama : NAZARUDDIN
NPM : 1407230029
Program Studi : TEKNIK Mesin
Semester : X111 (Tiga Belas)
Judul Tugas Akhir : PERANCANGAN PUNCH DAN DIES BENTUK MANGKOK
PADA MESIN DEEP DRAWING .

Pembimbing 1 : KHAIRUL UMURANI ST . MT
Pembimbing 11 : SUDIRMAN LUBIS ST . MT

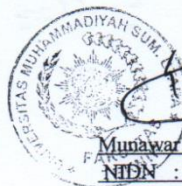
1. Bila judul tugas akhir kurang sesuai dapat diganti oleh dosen pembimbing setelah Mendapat persetujuan dari program studi teknik Mesin

Penulisan tugas akhir dinyatakan batal setelah 1 (Satu) Tahun tanggal yang Ditetapkan .

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

Ditetapkan di Medan pada Tanggal.
Medan, 25 Rabiul Akhir 1442 H
10 Desember 2020 M

Dekan



Munawar Alfansury Siregar ST. MT
NIDN : 0101017202

Cc. File

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

PERANCANGAN PUNCH DAN DIES PADA MESIN DEEP DRAWING

Nama : Nazaruddin

NPM : 1407230029

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

Dosen Pembimbing 2 : Sudirman Lubis, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
	Sabtu 28/10-2020	Revisi gambar tugas	6
	Kamis 14/01-2021	Perbaiki gambar	6
	Selasa 9/02-2021	Perbaiki gambar	6
	Senin 01/03-2021	Perbaiki gambar	6
	Rabu 17/03-2021	Perbaiki gambar	6
	Jumat 26/03-2021	Perbaiki gambar	6
		2	
		Acc, revisi	6

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

PERANCANGAN PUNCH DAN DIES PADA MESIN DEEP DRAWING

Nama : Nazaruddin

NPM : 1407230029

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

Dosen Pembimbing 2 : Sudirman Lubis, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
	Senin 18/01-2021	Perbaiki penulisan huruf	She
	Kamis 28/01-2021	Tulis halaman di samping lembar	She
	Selasa 23/02-2021	Perbaiki metodologi penelitian	She
	Rabu 10/03-2021	Perbaiki Diagram alir	She
	Jumat 26/03-2021	Perbaiki Analisa Data	She
	Kamis 8/04-2021	Perbaiki Daftar Pustaka	She
		Ace Seminar	She

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA PRIBADI

Nama : Nazaruddin
NPM : 1407230029
Tempat/Tanggal Lahir : Perdagangan / 25 - Januari - 1997
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Status Perkawinan : Belum kawin
Alamat : Perdagangan
Kecamatan : Bandar
Kabupaten : Simalungun
Provinsi : Sumatera Utara
Nomor Hp : 082160954775
E-mail : nazarddin827@gmail.com
Nama Orang Tua :
Ayah : Mujiono
Ibu : Juni Mariana Saragih

PENDIDIKAN FORMAL

2002-2008 : SD Muhammadiyah 02 Perdagangan
2008-2011 : SMP Negeri 1 Bandar
2011-2014 : SMK Swasta Satria Budi Perdagangan
2014-2021 : S1 Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara