

TUGAS AKHIR

ANALISA NUMERIK PADA PENEKAN CETAKAN MESIN PRES SISTEM HIDROLIK DENGAN VARIASI GAYA MENGUNAKAN PERANGKAT LUNAK *SOLIDWORK* 2014

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

Disusun Oleh:

MUHAMMAD RINALDY SALIM SIREGAR
1407230208



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2019**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

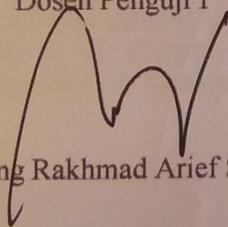
Nama : Muhammad Rinaldy Salim Siregar
NPM : 1407230208
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Analisa Numerik Pada Penekan Cetakan Mesin Pres Sistem Hidrolik Dengan Variasi Gaya Menggunakan Perangkat Lunak *Solidwork* 2014
Bidang ilmu : Kontruksi Dan Manufaktur

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, 18 Februari 2019

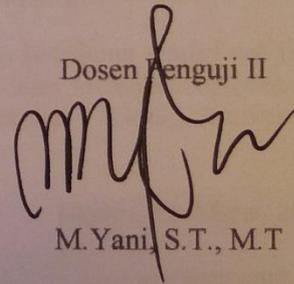
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



Dr. Eng Rakhmad Arief Siregar

Dosen Penguji II



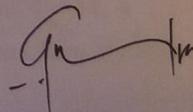
M. Yani, S.T., M.T

Dosen Penguji III



Bekti Suroso, S.T., M.Eng

Dosen Penguji IV



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



Program Studi Teknik Mesin
Ketua,

Affandi, S.T., M.T

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Muhammad Rinaldy Salim Siregar
Tempat /Tanggal Lahir: Medan/13 Desember 1995
NPM : 1407230208
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

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

“Analisa Numerik Pada Penekan Cetakan Mesin Pres Sistem Hidrolik Dengan Variasi Gaya Menggunakan Perangkat Lunak *Solidwork* 2014”,

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 orisinil 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, 22 Maret 2019



a yang menyatakan,

Muhammad Rinaldy Salim Siregar

ABSTRAK

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dibidang manufaktur memiliki peran penting dalam terciptanya produk baru dan memiliki kualitas yang baik. Pada industri manufaktur dapat dilakukan berbagai pengujian material dan simulasi komputasi untuk menghasilkan produk yang berkualitas. Program *solidwork* dapat digunakan untuk menganalisa kecacatan yang mungkin terjadi pada saat proses *stamping*, karena program *solidwork* memungkinkan untuk dapat mengetahui hasil pendekatan kecacatan melalui simulasi dan meminimaliskan kecacatan produk hasil *stamping* saat proses produksi. Dengan demikian dapat dihasilkan produk dengan kualitas dan mutu yang sesuai dengan standar serta kapasitas produksi dalam jumlah besar (massal). Berdasarkan uraian diatas penulis menguraikan permasalahan yang terjadi dalam pengujian material menggunakan simulasi menggunakan perangkat lunak *solidwork* 2014, tegangan dan regangan yang dihasilkan dari simulasi tersebut. Pengumpulan data pada analisa numerik pada penekan cetakan mesin pres system hidrolik menggunakan perangkat lunak *solidwork* 2014. Dari hasil penelitian penekan cetakan dengan melakukan proses simulasi pada perangkat lunak *solidwork* 2014 dengan mencari tegangan dan regangan diperoleh hasil sebagai berikut, hasil simulasi pada penekan cetakan yang berbentuk v dengan tebal pelat 1 mm dengan beban 1 Ton, hasil dari simulasi tekanan (*stress*) maximum pada penekan cetakan $9,051 \times 10^7 \text{N/m}^2$. Hasil dari simulasi regangan (*strain*) maximum pada penekan cetakan $1,664 \times 10^3$.

Kata Kunci : Industri Manufaktur, Program *Solidwork*, Mesin Pres Sistem Hidrolik, Penekan Cetakan

ABSTRAK

The development of science and technology in manufacturing has an important role in creating new products and having good quality. In the manufacturing industry, various material tests and computational simulations can be carried out to produce quality products. The solidwork program can be used to analyze defects that may occur during the stamping process, because the solidwork program allows to be able to find out the results of the disability approach through simulations and minimize the defect of the product stamping during the production process. Thus products can be produced with quality and quality in accordance with the standards and production capacity in large quantities (bulk). Based on the description above, the author describes the problems that occur in material testing using simulations using the 2014 solidwork software, the stresses and strain generated from the simulation. Data collection in numerical analysis on hydraulic system press molding presses uses 2014 solidwork software. From the results of the mold suppressant research by simulating the 2014 Solidwork software by looking for stresses and strains the results are as follows, the simulation results on the v shaped mold press with 1 mm thick plate with a load of 1 Ton, the result of the simulation of maximum stress on the mold press is $9,051 \times 10^7 \text{ N / m}^2$. The results of the maximum strain simulation on the 1.664×10^3 mold press.

Keywords : Manufacturing Industry, Solidwork Program, Hydraulic System Pres Machine, Mold Press

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisa Numerik Pada Penekan Cetakan Mesin Pres Sistem Hidrolik dengan Variasi Gaya Menggunakan Perangkat Lunak *Solidwork* 2014” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

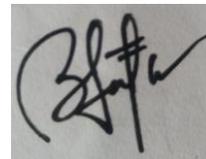
Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Orang tua penulis Sori Muhammad Tua Siregar dan Sutianna Nasution, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
2. Bapak Bekti Suroso, S.T.,M.Eng selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Chandra Amirsyah Siregar, S.T.,M.T, selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak DR.Rakhmad Arief Siregar, M.Eng, selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak M.Yani, S.T.,M.T selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Bapak Afandi, 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.
7. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T.,M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

8. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknikmesinan kepada penulis.
9. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Sahabat-sahabat penulis: Irfan, Irwansyah Putra, M.Khairul Fiqri Rangkuti, Muhammad Zulfikar, Sunanto Gunawan, Gilang Triandi, Bang Bayu Mandala Putra, Mukhlis, Abimanyu Rizkiandi, S.T, Rio Sudi Pratama, S.T, Seluruh Teman-teman Seperjuangan Kelas C-1 Pagi Teknik Mesin 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 Teknik Mesin.

Medan, 22 Maret 2019



Muhammad Rinaldy Salim Siregar

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Pengertian Proses Pembentukan	4
2.1.1 Proses Pembentukan	4
2.1.2 Komponen Utama Cetakan	6
2.1.3 Variabel Proses Pembentukan	8
2.2 Pengenalan Bahan Baku	12
2.2.1 <i>Ferritic Stainless Steel</i>	12
2.2.2 <i>Martensitic Stainless Steel</i>	13
2.2.3 <i>Duplex Stainless Steel</i>	13
2.2.4 <i>Precipitation Hardening Stainless Steel</i>	13
2.2.5 <i>Austenitic Stainless Steel</i>	14
2.3 Kekuatan Tekan	16
2.4 Tegangan Dan Regangan	17
2.4.1 Tegangan	17
2.4.2 Regangan	17
2.4.3 Modulus Elastisitas	18
2.5 Gerakan Material	19
2.6 Gaya Balik	19
2.7 Mesin Pres	20
2.7.1 Prinsip Kerja Mesin Pres	20
2.7.2 Alat-alat Pendukung Mesin Pres	21
2.7.3 Proses Pemotongan	21
2.7.4 Proses Pembentukan	22
2.8 <i>Solidworks</i>	23

BAB 3 METODOLOGI	25
3.1 Tempat dan Waktu Simulasi	25
3.1.1 Tempat Simulasi	25
3.1.2 Waktu Simulasi	25
3.2 Alat Yang Digunakan	26
3.2.1 Komputer	26
3.2.2 Perangkat Lunak <i>Solidwork</i> 2014	26
3.3 Diagram Alir Penelitian	27
3.3.1 Penjelasan Diagram Alir	28
3.4 Prosedur simulasi Penekan Cetakan Bentuk V	29
3.4 Prosedur simulasi Penekan Cetakan Bentuk U	34
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	40
4.1 Simulasi Pada Penekan Cetakan Bentuk V	40
4.1.1 Distribusi Tegangan pada penekan cetakan terhadap pelat 1 mm	40
4.1.2 Distribusi Regangan pada penekan cetakan terhadap pelat 1 mm	41
4.2 Simulasi Pada Penekan Cetakan Bentuk U	43
4.2.1 Distribusi Tegangan pada penekan cetakan terhadap pelat 1 mm	43
4.2.2 Distribusi Regangan pada penekan cetakan terhadap pelat 1 mm	44
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	47
5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN	
LEMBAR ASISTENSI	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Blank dan Draw Piece</i>	4
Gambar 2.2	Proses <i>Drawing</i>	5
Gambar 2.3	Beberapa Macam Bentuk <i>Draw Piece</i>	7
Gambar 2.4	Bagian Utama <i>Die Drawing</i>	8
Gambar 2.5	Diagram Hubungan Berbagai Jenis <i>Stainless Steel</i>	20
Gambar 2.6	perbandingan tegangan terhadap regangan untuk baja dan aluminium	18
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	27
Gambar 3.2	Tampilan <i>Solidwork 2014</i>	29
Gambar 3.3	Tampilan Menu <i>Assembly</i>	29
Gambar 3.4	Tampilan Layar Menu <i>Assembly</i>	30
Gambar 3.5	Memasukkan Penekan Cetakan	30
Gambar 3.6	Penekan Cetakan Dengan Sudut V	31
Gambar 3.7	Hasil Menu Pengabungan Menggunakan Menu <i>View Temporary Axes</i>	31
Gambar 3.8	Jenis Material Pada PenekanCetakan	32
Gambar 3.9	Jenis Material Pada Pelat	32
Gambar 3.10	Menentukan Titik Tumpuan Pada penekan cetakan	33
Gambar 3.11	Memberikan <i>Force</i>	33
Gambar 3.12	Hasil <i>Meshing</i>	34
Gambar 3.13	Tampilan <i>Solidwork 2014</i>	34
Gambar 3.14	Tampilan Menu <i>Assembly</i>	35
Gambar 3.15	Tampilan Layar Menu <i>Assembly</i>	35
Gambar 3.16	Memasukkan Penekan Cetakan	36
Gambar 3.17	Penekan Cetakan Dengan Sudut V	36
Gambar 3.18	Hasil Menu Pengabungan Menggunakan Menu <i>View Temporary Axes</i>	37
Gambar 3.19	Jenis Material Pada PenekanCetakan	37
Gambar 3.20	Jenis Material Pada Pelat	38
Gambar 3.21	Menentukan Titik Tumpuan Pada penekan cetakan	38
Gambar 3.22	Memberikan <i>Force</i>	39
Gambar 3.23	Hasil <i>Meshing</i>	39
Gambar 4.1	Distribusi tegangan pada penekan cetakanterhadap pelat 1 mm(a) 1 Ton; (b) 3 Ton; (c) 5 Ton	40
Gambar 4.2	Distribusi regangan pada penekan cetakan terhadap pelat 1 mm(a) 1 Ton; (b) 3 Ton; (c) 5 Ton	41
Gambar 4.3	Grafik Tegangan Penekan Cetakan	42
Gambar 4.4	Grafik Regangan Penekan Cetakan	43
Gambar 4.5	Distribusi tegangan pada penekan cetakanterhadap pelat 1 mm(a) 1 Ton; (b) 3 Ton; (c) 5 Ton	44
Gambar 4.6	Distribusi regangan pada penekan cetakanterhadap pelat 1 mm(a) 1 Ton; (b) 3 Ton; (c) 5 Ton	45
Gambar 4.7	Grafik Tegangan Penekan Cetakan	45
Gambar 4.8	Grafik Regangan Penekan Cetakan	46

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Jenis material dan kecepatan maksimal <i>draw dies</i>	11
Tabel 2.2	Perbandingan Sifat Mekanik Berbagai Jenis <i>Stainless Steel</i>	17
Tabel 2.3	Modulus Young Beberapa Jenis Bahan	19
Tabel 3.1	Jadwal waktu dan kegiatan saat melakukan penelitian	25
Tabel 4.1	Hasil Simulasi Penekan Cetakan terhadap pelat 1 mm	42
Tabel 4.2	Hasil Simulasi Penekan Cetakan terhadap pelat 1 mm	42
Tabel 4.3	Hasil Simulasi penekan cetakan terhadap pelat 1 mm	45
Tabel 4.4	Hasil Simulasi penekan cetakan terhadap pelat 1 mm	45

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

(Ahmad Hasnan.S, 2006). Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dibidang manufaktur memiliki peran penting dalam terciptanya produk baru dan memiliki kualitas yang baik. Pada industri manufaktur dapat dilakukan berbagai pengujian material dan simulasi komputasi untuk menghasilkan produk yang berkualitas. Proses manufaktur dikenal berbagai macam proses, salah satunya adalah proses pembentukan logam. Proses pembentukan logam dalam manufaktur adalah proses pemberian tekanan pada pelat datar menurut permukaan desain cetakan sampai pada titik deformasi plastis pelat tersebut, sehingga terbentuklah komponen yang baru sesuai dengan desain permukaan cetakan. Selanjutnya pada proses pembentukan pelat ada yang dinamakan pengepresan (*stamping*) yaitu suatu proses dalam pembentukan *parts* pada sebuah mesin *press* dengan meletakkan pelat diantara penekandan cetakan, kemudian pelat dijepit oleh *blank holder* dengan bantuan mesin pres untuk melakukan penekanan. Bentuk akhir dari produk ditentukan oleh penekan dan cetakan benda kerja saat ditekan oleh penekan, sehingga terbentuk komponen yang kita inginkan, Pada proses ini terjadi beberapa permasalahan diantaranya adalah *springback*.

Springback dapat digambarkan sebagai suatu gerakan elastis pada perubahan bentuk model ketika terjadi perpindahan beban luar. Peristiwa ini mengakibatkan penyimpangan dimensi dari bentuk model sesungguhnya dan dapat mengakibatkan permasalahan selama perakitan. Untuk menghindari kesalahan produksi yang disebabkan *springback*, maka perlu adanya simulasi sebelum proses produksi dilakukan. Simulasi *springback* dapat dilakukan dengan menggunakan *software* berbasis elemen hingga. Metode elemen hingga adalah suatu *computational* teknik yang digunakan untuk memperoleh pendekatan solusi permasalahan nilai batas didalam rancang bangun teknik. Berkembangnya teknologi *hardware* dan *software* pada komputer sangat membantu dalam proses manufaktur karena dapat mensimulasikan perhitungan numerik dan memvisualisasikan hal-hal yang mungkin terjadi pada proses *manufactur* yang selanjutnya dapat diaplikasikan dilapangan.

Program *solidwork* dapat digunakan untuk menganalisa kecacatan yang mungkin terjadi pada saat proses *stamping*, karena program *solidworks* memungkinkan untuk dapat mengetahui hasil pendekatan kecacatan melalui simulasi dan meminimaliskan kecacatan produk hasil *stamping* saat proses produksi. Dengan demikian dapat dihasilkan produk dengan kualitas dan mutu yang sesuai dengan standar serta kapasitas produksi dalam jumlah besar (massal).

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penulis tertarik untuk membuat judul sebagai tugas akhir yang berjudul “ **Analisa Numerik Pada Penekan Cetakan Mesin Pres Sistem Hidrolik Dengan Variasi Gaya Menggunakan Perangkat Lunak *Solidwork 2014***”.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah yang diuraikan diatas, maka dapat dirumuskan permasalahannya yaitu :

1. Bagaimana mensimulasikan penekan cetakan menggunakan perangkat lunak *solidwork 2014*.
2. Bagaimana mengetahui nilai maximal tegangan yang diterima oleh penekan cetakan.
3. Bagaimana mengetahui nilai maximal regangan yang diterima oleh penekan cetakan.

1.3. Ruang Lingkup

Pada penulisan laporan akhir ini, adapun batasan masalahnya yaitu:

1. Variasi gaya yang terjadi menggunakan perangkat lunak *solidwork 2014*.
2. Gaya yang digunakan pada saat penekan cetakan menekuk pelat, yaitu 1,3,5 Ton.
3. Material yang digunakan pada penekan cetakan, yaitu baja ASTM A36.
4. Material yang digunakan pada pelat, yaitu GALVANIZED.
5. Pelat yang disimulasikan, setebal 1 mm.
6. Variasi sudut penekan cetakan yang digunakan, yaitu dengan sudut V dan U.

1.4. Tujuan Penulisan

Adapun tujuan dari penulisan ini adalah :

1. Untuk mensimulasikan penekan cetakan menggunakan perangkat lunak *solidwork* 2014.
2. Bagaimana mengetahui nilai maximal tegangan yang diterima oleh penekan cetakan.
3. Bagaimana mengetahui nilai maximal regangan yang diterima oleh penekan cetakan.

1.5. Manfaat Penulisan

Sedangkan manfaat yang diperoleh dari penulisan laporan akhir ini adalah:

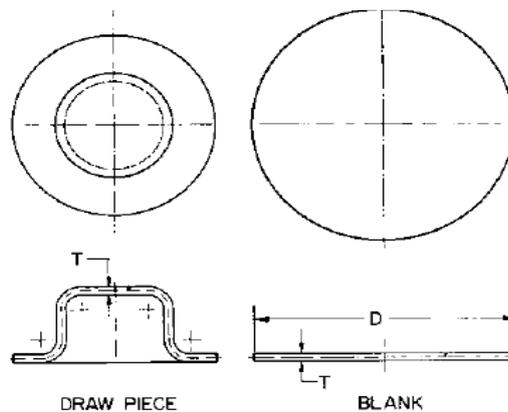
1. Sebagai bahan pertimbangan dalam menentukan material penekan cetakan.
2. Menemukan solusi agar penekan cetakantidak mudah rusak.
3. Mengetahui proses simulasi pada perangkat lunak *solidwork* 2014..

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian *Deep Drawing*

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

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



Gambar 2.1. *Blank* dan *Draw Piece*

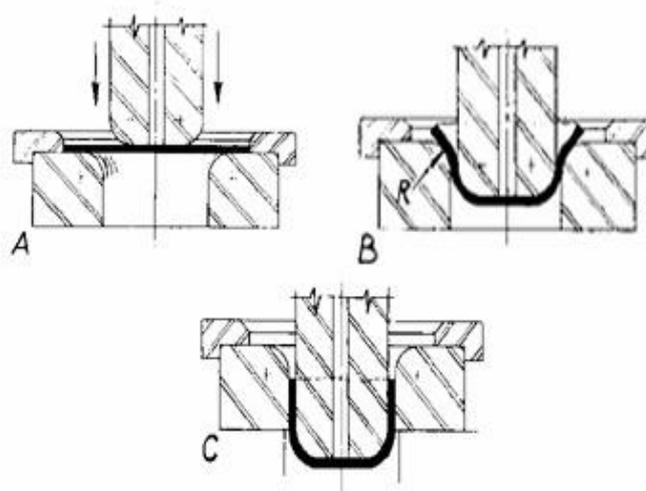
2.1.1. Proses *Deep Drawing*

Proses *deep drawing* dilakukan dengan menekan material benda kerja yang berupa lembaran logam yang disebut dengan *Blank* sehingga terjadi peregangan mengikuti bentuk *Die*, 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:

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, kuningan, perak, emas, baja maupun titanium. Gambar proses *drawing* dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Proses *Drawing*

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

a). Kontak Awal

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

b). *Bending*

Selanjutnya lembaran logam mengalami proses *bending* seperti pada Gambar 2.2.B, *Punch* terus menekan kebawah sehingga posisi *Punch* lebih dalam melebihi jari-jari 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* dapat dilihat pada Gambar 2.2.C, lembaran logam akan mengalami peregangan sepanjang dinding *Die*. Dari proses pelurusan sepanjang dinding *Die* diharapkan mampu menghasilkan bentuk silinder sesuai dengan bentuk *Die* dan *Punch*.

d). *Compression*

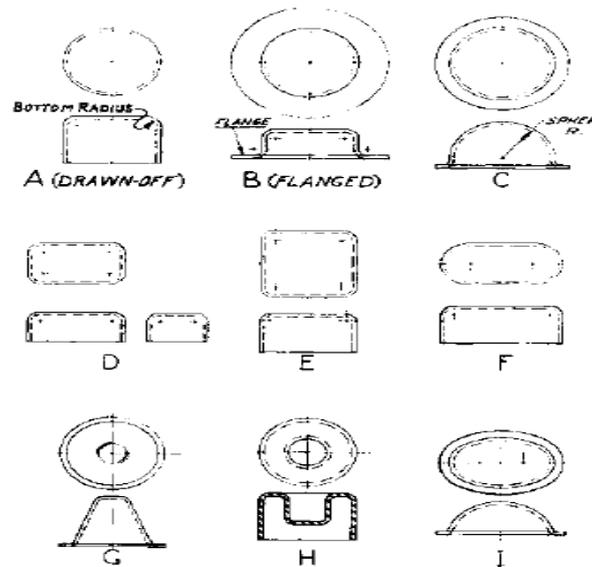
Proses *compression* terjadi ketika *Punch* bergerak kebawah, akhirnya *Blank* tertarik untuk mengikuti gerakan dari *Punch*, daerah *Blank* yang masih berada pada *Blank Holder* akan mengalami *compression* arah radial mengikuti bentuk dari *Die*.

e). *Tension*

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

2.1.2. Komponen Utama *Die Set*

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



Gambar 2.3. Beberapa Macam Bentuk *Draw Piece*

a). *Punch*

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

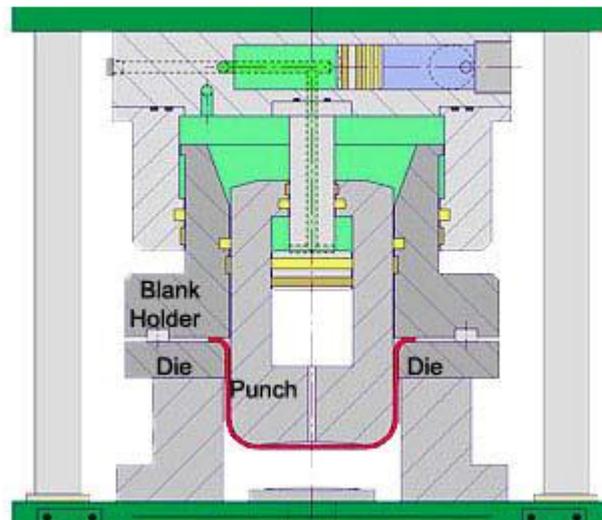
b). *Blank Holder*

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 *die drawing*. Sebagian jenis *Blank Holder* diganti dengan *nest* yang mempunyai fungsi hampir sama, bentuk *nest* berupa lingkaran yang terdapat lubang didalamnya, lubang tersebut sebagai tempat peletakan dari benda kerja agar tidak bergeser ke samping.

c). *Die*

Merupakan komponen utama yang berperan dalam menentukan bentuk akhir dari benda kerja *drawing* (*draw piece*), bentuk dan ukuran *Die* bervariasi sesuai dengan bentuk akhir yang diinginkan, konstruksi *Die* harus mampu

menahan gerakan, gaya geser serta gaya *Punch*. Pada *Die* terdapat radius tertentu yang berfungsi mempermudah reduksi benda saat proses berlangsung, lebih jauh lagi dengan adanya jari-jari diharapkan tidak terjadi sobek pada material yang akan di *drawing*. sedangkan komponen lainnya merupakan komponen tambahan tergantung dari jenis *Die* yang dipakai. Bentuk dan posisi dari komponen utama tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Bagian Utama *Die Drawing*

2.1.3. 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*

Kekerasan 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). *Bending* dan *Straightening*

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

1. Radius *Punch*

Radius *Punch* disesuaikan dengan besarnya radius *Die*, radius *Punch* yang tajam akan memperbesar gaya *bending* yang dibutuhkan untuk proses *deep drawing*.

2. Radius *Die*

Radius *Die* disesuaikan dengan produk yang pada nantinya akan dihasilkan, radius *Die* berpengaruh terhadap gaya pembentukan, bila besarnya radius *Die* mendekati besarnya tebal lembaran logam maka gaya *bending* yang terjadi semakin kecil sebaliknya apabila besarnya radius *Die* semakin meningkat maka gaya *bending* yang terjadi semakin besar.

c). Penekanan

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

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* (β_{maks}), batas maksimum β_{maks} 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. 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.

5. Temperatur

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

d). Diameter *Blank*

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

e). *Clearance*

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

f). *Strain Ratio*

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

g). Kecepatan *Deep Drawing*

Die drawing jenis *Punch* berada diatas dengan *nest* dapat diberi kecepatan yang lebih tinggi dibandingkan jenis *Die* yang menggunakan *Blank Holder*, kecepatan yang tidak sesuai dapat menyebabkan retak bahkan sobek pada material, masing-masing jenis material mempunyai karakteristik berbeda sehingga kecepatan maksimal masing-masing material juga berbeda. 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*

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

2.2. Pengenalan Bahan Baku

Stainless Steel adalah paduan besi dengan minimal 12% kromium. Komposisi ini membentuk *protective layer* (lapisan pelindung anti korosi) yang merupakan hasil oksidasi oksigen terhadap kromium yang terjadi secara spontan. Tentunya harus dibedakan mekanisme *protective layer* ini dibandingkan baja yang dilindungi dengan *coating* (misal seng dan *cadmium*) ataupun cat. Meskipun seluruh kategori *Stainless Steel* didasarkan pada kandungan kromium (Cr), namun unsur paduan lainnya ditambahkan untuk memperbaiki sifat-sifat *Stainless Steel* sesuai aplikasinya. Kategori *Stainless Steel* tidak halnya seperti baja lain yang didasarkan pada persentase karbon tetapi didasarkan pada struktur metalurginya.

(Sumber: <https://sites.google.com/site/andesteknik/Home/articles/klasifikasistainleessteel>).

Lima golongan utama *Stainless Steel* adalah *Ferritic Stainless Steel*, *Martensitic Stainless Steel*, *Duplex Stainless Steel*, *Precipitation Hardening Stainless Steel* dan *Austenitic Stainless Steel*:

2.2.1. *Ferritic Stainless Steel*

Baja jenis ini mempunyai struktur *body centered cubic* (bcc). Unsur kromium ditambahkan ke paduan sebagai penstabil *ferrit*. Kandungan kromium umumnya kisaran 10,5-30%. Beberapa type baja mengandung unsur molybdenum, silikon, aluminium, titanium dan niobium. Unsur sulfur ditambahkan untuk memperbaiki sifat mesin. Paduan ini merupakan *ferromagnetic* dan mempunyai sifat ulet dan mampu bentuk baik namun kekuatan di lingkungan suhu tinggi lebih rendah dibandingkan baja *stainless austenitic*. Kandungan karbon rendah pada baja *ferritik* tidak dapat dikeraskan dengan perlakuan panas. Kelompok ini memiliki sifat yang mendekati baja umum (*mild steel*) tetapi memiliki ketahanan korosi yang lebih baik. Didalam kelompok ini yang paling umum dipakai adalah type 12% Chromium yang banyak dipakai dalam aplikasi struktural dan type 17% Chromium yang banyak dipakai pada aplikasi peralatan rumah tangga, boiler, mesin cuci dan benda-benda arsitektural.

2.2.2. *Martensitic Stainless Steel*

Baja ini merupakan paduan kromium dan karbon yang memiliki struktur *martensite body centered cubic* (bcc) terdistorsi saat kondisi bahan dikeraskan. Baja ini merupakan *ferromagnetic*, bersifat dapat dikeraskan dan umumnya tahan korosi di lingkungan kurang korosif. Kandungan kromium umumnya berkisar antara 10,5-18%, dan karbon melebihi 1,2%. Kandungan kromium dan karbon dijaga agar mendapatkan struktur *martensite* saat proses pengerasan. Karbida lebih meningkatkan ketahanan aus. Unsur niobium, silikon, tungsten dan vanadium ditambah untuk memperbaiki proses *temper* setelah proses pengerasan. Sedikit kandungan nikel meningkatkan ketahanan korosi dan ketangguhan. Type ini memiliki kekuatan dan kekerasan yang tinggi, dengan ketahanan korosi yang moderate. Aplikasinya terbanyak adalah untuk turbine blade dan untuk pisau.

2.2.3. *Duplex Stainless Steel*

Duplex Stainless Steel seperti 2304 dan 2205 (dua angka pertama menyatakan persentase Chrom dan dua angka terakhir menyatakan persentase Nikel) memiliki bentuk mikrostruktur campuran *austenitic* dan *Ferritic*. *Duplex ferritic-austenitic* memiliki kombinasi sifat tahan korosi dan temperatur relatif tinggi atau secara khusus tahan terhadap *Stress Corrosion Cracking*. Meskipun kemampuan *Stress Corrosion Cracking*nya tidak sebaik *Ferritic Stainless Steel* tetapi ketangguhannya jauh lebih baik (superior) dibanding *Ferritic Stainless Steel* dan lebih buruk dibanding *Austenitic Stainless Steel*. Sementara kekuatannya lebih baik dibanding *Austenitic Stainless Steel* (yang diannealing) kira-kira 2 kali lipat. Sebagai tambahan, *Duplex Stainless Steel* ketahanan korosinya sedikit lebih baik dibanding 304 dan 316 tetapi ketahanan terhadap *pitting corrosion* jauh lebih baik (superior) dibanding 316. Ketangguhannya *Duplex Stainless Steel* akan menurun pada temperatur dibawah -50°C dan diatas 300°C. Type ini memiliki struktur yang terdiri dari gabungan *austenite* dan *ferrite* (contoh type 2205, 2507). Type *duplex* memberikan keseimbangan antara kekuatan, *ductility* dan ketahanan korosi. Aplikasinya adalah untuk industri petrokimia, pulp dan perkapalan.

2.2.4. *Precipitation Hardening Stainless Steel*

Precipitation Hardening Stainless Steel adalah Stainless Steel yang keras dan kuat akibat dari dibentuknya suatu *presipitat* (endapan) dalam struktur mikro logam. Sehingga gerakan deformasi menjadi terhambat dan memperkuat material SS. Pembentukan ini disebabkan oleh penambahan unsur tembaga (Cu), Titanium (Ti), Niobium (Nb) dan aluminium. Proses penguatan umumnya terjadi pada saat dilakukan pengerjaan dingin (cold work).

2.2.5. *Austenitic Stainless Steel*

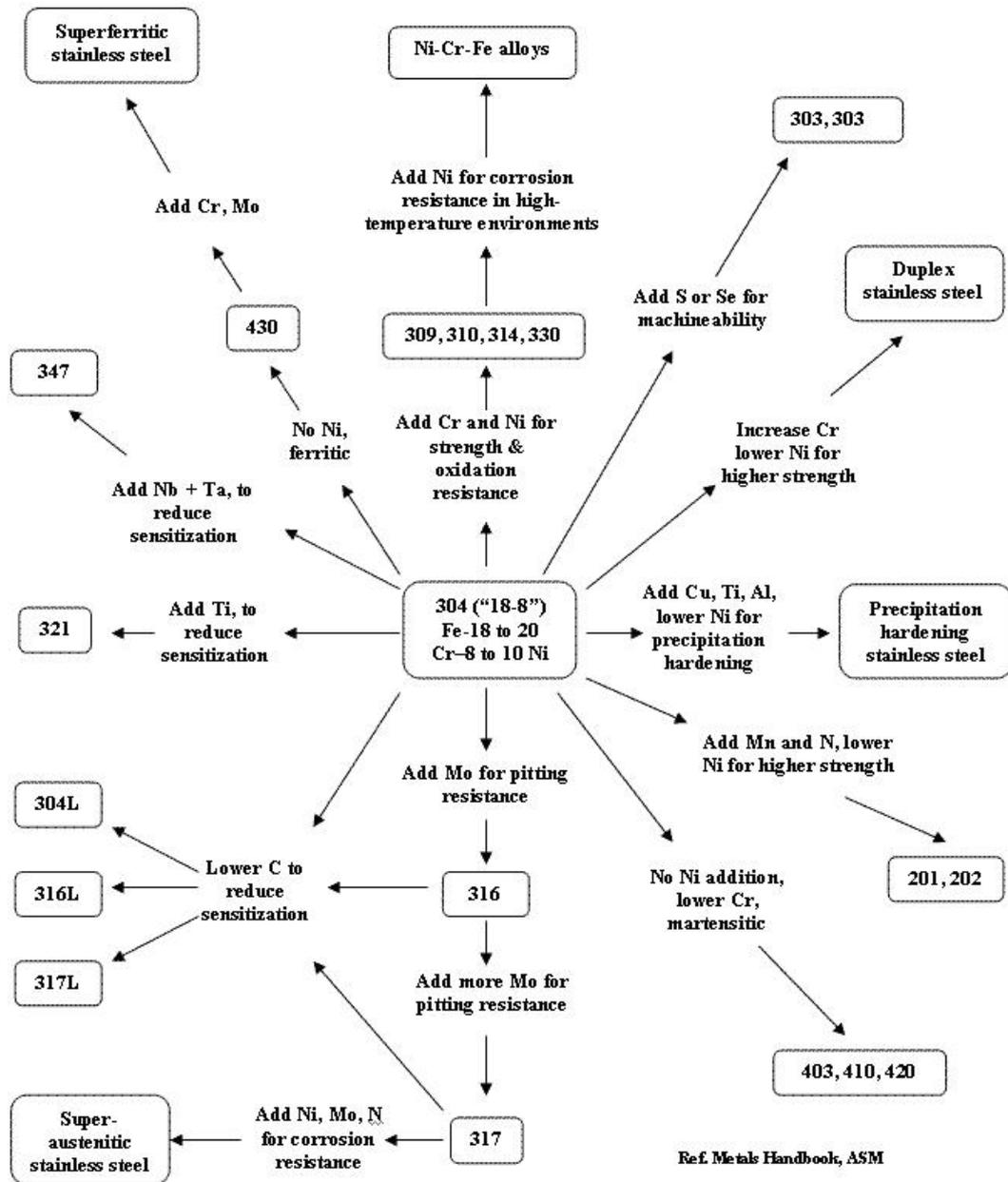
Baja *Austenitic Stainless Steel* merupakan paduan logam besi-krom-nikel yang mengandung 16-20% kromium, 7-22%wt nikel, dan nitrogen. Logam paduan ini merupakan paduan berbasis *ferrous* dan struktur kristal *facecentered cubic* (fcc). Struktur kristal akan tetap berfasa *Austenit* bila unsure nikel dalam paduan diganti mangan (Mn) karena kedua unsur merupakan penstabil *fasa Austenit*. *Fasa Austenitic* tidak akan berubah saat perlakuan panas anil kemudian didinginkan pada temperatur ruang. Baja *Stainless Austenitic* tidak dapat dikeraskan melalui perlakuan celup cepat (*quenching*). Umumnya jenis baja ini dapat tetap menjaga sifat *Austenitic* pada temperature ruang, lebih bersifat ulet dan memiliki ketahanan korosi lebih baik dibandingkan baja *Stainless Ferritik* dan *Martensit*. Setiap jenis baja *Stainless Austenitic* memiliki karakteristik khusus tergantung dari penambahan unsur pepadunya. Baja *Stainless Austenitic* hanya bisa dikeraskan melalui pengerjaan dingin. Material ini mempunyai kekuatan tinggi di lingkungan suhu tinggi dan bersifat *cryogenic*. Tipe 2xx mengandung nitrogen, mangan 4-15,5% wt, dan kandungan 7% wt nikel. Tipe 3xx mengandung unsur nikel tinggi dan maksimal kandungan mangan 2%. Unsur molybdenum, tembaga, silicon, aluminium, titanium dan niobium ditambah dengan karakter material tertentu seperti ketahanan korosi atau oksidasi. Sulfur ditambah pada tipe tertentu untuk memperbaiki sifat mampu mesin. Salah satu jenis baja *Stainless Austenitic* adalah AISI 304. Baja *Austenitic* ini mempunyai struktur kubus satuan bidang (*face center cubic*) dan merupakan baja dengan ketahanan korosi tinggi. Komposisi unsur-unsure pepaduan yang terkandung dalam AISI 304 akan menentukan sifat mekanik dan ketahanan korosi. Baja AISI 304 mempunyai kadar karbon sangat rendah 0,08% wt. Kadar kromium berkisar 18-20%wt dan nikel 8-10,5% wt yang terlihat pada Tabel 2.2 Kadar kromium cukup tinggi membentuk

lapisan Cr₂O₃ yang protektif untuk meningkatkan ketahanan korosi. Komposisi karbon rendah untuk meminimalisasi sensitasi akibat proses pengelasan. Kelompok ini yang paling banyak ditemukan dalam aplikasi disekitar kita, contohnya: peralatan rumah tangga, tangki, vessel (bejana tekan), pipa, struktur baik yang bersifat konstruksi maupun arsitektural Memiliki kandungan Ni tidak kurang dari 7% yang mengakibatkan terbentuknya struktur *Austenit* dan memberikan sifat ulet (*ductile*). *Stainless Steel* 304, 304L, 316, 316L termasuk ke dalam type ini. *Austenitic Stainless Steel* bersifat *non magnetic*. Perbandingan sifat mekanik berbagai jenis *Stainless Steel* dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Table 2.2. Perbandingan Sifat Mekanik Berbagai Jenis *Stainless Steel*

Jenis <i>Stainless Steel</i>	Respon Magnet	Ketahanan Korosi	Metode Hardening	Ke-liat-an (Ductility)	Ketahanan Temperatur Tinggi	Ketahanan Temperatur Rendah	Kemampuan Welding
Austenitic	Tdk	Sgt Tinggi	Cold Work	Sgt Tinggi	Sgt Tinggi	Sgt Tinggi	Sgt Tinggi
Duplex	Ya	Sedang	Tidak ada	Sedang	Rendah	Sedang	Tinggi
Ferritic	Ya	Sedang	Tidak ada	Sedang	Tinggi	Rendah	Rendah
Martensitic	Ya	Sedang	Q & T	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah

Sumber: <https://sites.google.com/site/andesteknik/Home/articles/klasifikasi-stainless-steel>



Gambar 2.5. Diagram Hubungan Berbagai Jenis *Stainless Steel*.
 (Sumber: <https://sites.google.com/site/andesteknik/Home/articles/klasifikasistainle-ss-steel>)

2.3. Kekuatan Tekan

Kekuatan tekan adalah kapasitas dari suatu bahan atau struktur dalam menahan beban yang akan mengurangi ukurannya. Kekuatan tekan dapat diukur dengan memasukkannya ke dalam kurva tegangan-regangan dari data yang didapatkan dari mesin uji. Beberapa bahan akan patah pada batas tekan, beberapa mengalami deformasi yang tidak dapat dikembalikan. Deformasi tertentu dapat

dianggap sebagai batas kekuatan tekan, meski belum patah, terutama pada bahan yang tidak dapat kembali ke kondisi semula (*irreversible*). Pengetahuan mengenai kekuatan tekan merupakan kunci dalam mendesain sebuah struktur. Kekuatan tekan dapat diukur dengan mesin uji universal. Pengujian kekuatan tekan, seperti halnya pengujian kekuatan tarik, dipengaruhi oleh kondisi pengujian (penyiapan spesimen, kondisi kelembaban dan temperatur ruang uji, dan sebagainya).

2.4. Tegangan Dan Regangan

2.4.1 Tegangan (*stress*)

Tegangan (*stress*) pada benda, misalnya kawat besi, didefinisikan sebagai gaya persatuan luas penampang benda tersebut. Tegangan diberi simbol σ (dibaca sigma). Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut.

$$\epsilon = \frac{\Delta X}{A} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

F : Besar gaya tekan/tarik (N)

A : Luas penampang (m²)

σ : Tegangan (N/m²)

Bila dua buah kawat dari bahan yang sama tetapi luas penampangnya berbeda diberi gaya, maka kedua kawat tersebut akan mengalami tegangan yang berbeda. Kawat dengan penampang kecil mengalami tegangan yang lebih besar dibandingkan kawat dengan penampang lebih besar. Tegangan benda sangat diperhitungkan dalam menentukan ukuran dan jenis bahan penyangga atau penopang suatu beban, misalnya penyangga jembatan gantung dan bangunan bertingkat.

2.4.2 Regangan (*strain*)

Regangan (*strain*) didefinisikan sebagai perbandingan antara penambahan panjang benda ΔX terhadap panjang mula-mula X. Regangan dirumuskan sebagai berikut.

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(2.2)$$

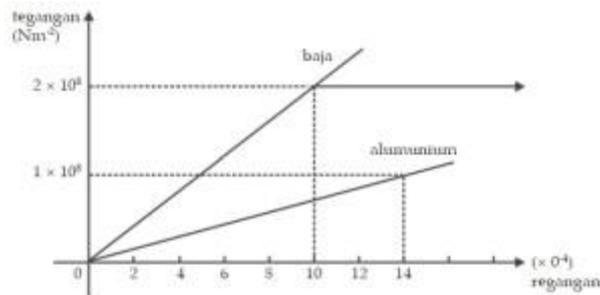
Keterangan:

ϵ : Regangan

ΔX : Pertambahan panjang (m)

X : Panjang mula-mula (m)

Semakin besar tegangan pada sebuah benda, semakin besar juga regangannya. Artinya, ΔX juga makin besar. Berdasarkan berbagai percobaan di laboratorium, diperoleh hubungan antara tegangan dan regangan untuk baja dan aluminium seperti tampak pada gambar berikut.



Gambar 2.6 perbandingan tegangan terhadap regangan untuk baja dan aluminium

Berdasarkan grafik pada gambar diatas, untuk tegangan yang sama, misalnya $1 \times 10^8 \text{N/m}^2$, regangan pada aluminium sudah mencapai 0,0014, sedangkan pada baja baru berkisar pada 0,00045. Jadi, baja lebih kuat dari aluminium. Itulah sebabnya baja banyak digunakan sebagai kerangka (otot) bangunan-bangunan besar seperti jembatan, gedung bertingkat, dan jalan layang.

2.4.3 Modulus Elastisitas (Modulus Young)

Selama gaya F yang bekerja pada benda elastis tidak melampaui batas elastisitasnya, maka perbandingan antara tegangan (σ) dengan regangan (ϵ) adalah konstan. Bilangan (konstanta) tersebut dinamakan modulus elastis atau modulus Young (E). Jadi, modulus elastis atau modulus young merupakan perbandingan antara tegangan dengan regangan yang dialami oleh suatu benda. Secara matematis ditulis seperti berikut.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{\frac{F}{A}}{\frac{\Delta X}{X}} = \frac{FX}{A\Delta X} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan:

E : Modulus Young (N/m² atau Pascall)

Nilai modulus young untuk beberapa jenis bahan ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 2.3 Modulus Young Beberapa Jenis Bahan

Bahan	Modulus Young (Pa)
Aluminium	7 × 10 ¹⁰
Baja	20 × 10 ¹⁰
Besi	21 × 10 ¹⁰
Karet	0,05 × 10 ¹⁰
Kuningan	9 × 10 ¹⁰
Nikel	21 × 10 ¹⁰
Tembaga	11 × 10 ¹⁰
Timah	1,6 × 10 ¹⁰
Beton	2,3 × 10 ¹⁰
Kaca	5,5 × 10 ¹⁰
Wolfram	41 × 10 ¹⁰

2.5. Gerakan Material

Selama proses *bending*, *pad* akan memegang sebagian besar luasan dari *blank* yang tidak bergerak dan bagian lain yang bebas akan dibentuk oleh penekan keatas atau kebawah sehingga terjadi perubahan bentuk pada saat bersamaan. Pada saat bersamaan, juga terjadi pergerakan material kearah bentuk yang baru atau *swinging*. Pergerakan material ini tidak terjadi pada proses yang lain seperti *embossing*, *stretch forming* dan *drawing*. Karena itu, perancangan cetakan harus memperhatikan arah dari pergerakan material ini, agar bebas dari penghalang.

2.6. Springback

Perbedaan gaya-gaya pada proses *bending* mengakibatkan terjadinya *springback*, dimana pada radius bagian luar terjadi gaya tarik menuju sumbu netral dan gaya tekan pada radius bagian dalam. Untuk *design* produk yang baik, gaya tarik "X" tidak boleh melebihi *ultimate tensile strength* dari material. Bila hal ini dilanggar, maka akan terjadi kegagalan pada material.

Metal yang paling dekat dengan sumbu netral mempunyai gaya-gaya yang mendekati nilai dibawah titik elastic pada kedua sisinya. Netral yang lebih jauh dari sumbu netral mempunyai gaya-gaya yang sudah melewati titik *yield strength*, tetapi sudah terbentuk secara permanen. Pada saat produk terbebas dari tekanan *pad* dan *punch*, pita *elastic* berusaha mengembalikan metal ke bentuk awalnya, tetapi tidak biasa karena terhambat oleh metal yang sudah berubah permanen. Pengembalian ke bentuk awal sampai pada keseimbangan baru. Pergerakan kembali ke bentuk awalnya ini disebut *springback*.

2.7 Mesin pres

Mesin pres merupakan mesin yang digunakan untuk melakukan penekukan, pemotongan, dan memproduksi pelat logam dengan sudut tertentu. Mesin ini lantas digunakan di industri besi dan baja. *Pres brake bending* adalah pekerjaan penekukan menggunakan penekan dan cetakan. Proses ini membentuk pelat yang diletakkan diatas cetakan lalu ditekan oleh penekan dari atas sehingga mendapatkan hasil tekukan yang serupa dengan bentuk cetakan. Umumnya cetakan berbentuk U, W, dan ada juga yang mempunyai bentuk lain sesuai kebutuhan. Begitu juga bentuk penekan yang biasa disesuaikan dengan kebutuhan.

Mesin pres adalah suatu mesin industri yang mempunyai system hidrolik yang dapat bekerja secara mandiri dengan menggunakan pompa yang terletak terpisah untuk setiap mesin. Sebuah mesin pres hidrolik adalah mesin yang memiliki dudukan atau pelat dimana bahan logam ditempatkan sehingga dapat dipres, dihancurkan, diluruskan atau dibentuk.

2.7.1. Prinsip Kerja Mesin Pres

Pada dasarnya pengepresan atau *stamping* menggunakan teknik tumbukan yaitu dengan menekan/menumbuk suatu material pada suatu mesin menjadi bentuk yang diinginkan. Yang dimana mesin pres adalah mesin yang menompang sebuah landasan dan sebuah penumbuk, sebuah sumber tenaga, dan suatu mekanisme yang menyebabkan penumbuk bergerak lurus dan tegak menuju landasannya. Untuk menghasilkan kualitas pengepresan yang baik, perlu adanya alat-alat pendukung dalam melakukan proses produksi.

2.7.2 Alat-alat Pendukung Mesin Pres

1. *Die*

Adalah suatu cetakan yang digerakkan oleh mesin pres untuk menekan atau mengepres bahan/material untuk menghasilkan barang yang sesuai dengan contoh. Proses pembengkokan dan pemotongan pada mesin pres haruslah sesuai dengan standar yang ada di perusahaan. Cetakan atau *die* dapat digolongkan baik menurut jenis spesifikasi operasi mesin pres maupun menurut jenis cetakannya.

2.7.3 Proses Pemotongan (*cutting*)

Pemotongan (*cutting*) adalah proses memisahkan *steel metal* atau material lainnya sehingga bentuk yang baru tetap rata. Proses pemotongan pada *sheet metal* mempunyai banyak tujuan, sesuai dengan fungsi dari proses pemotongan tersebut yang spesifik, maka istilah pemotongannya juga berbeda-beda agar tidak terjadi salah pengertian. Istilah dari berbagai proses pemotongan tersebut adalah sebagai berikut.

- a. *Blanking*, proses pemotongan *sheet metal* untuk mendapatkan hasil potongan
- b. *Piercing*, proses pemotongan *sheet metal* untuk membuat lubang pada permukaan yang rata ataupun kontur. Lubang yang dihasilkan biar berbentuk bula atau bentuk lainnya, tergantung pada bentuk *punch*.
- c. *Shearing*, proses pemotongan *sheet metal* lembaran atau gulungan menjadi bagian-bagian yang lebih kecil dilakukan dengan *shear cutting machine*. Hasil potongan akan menjadi material untuk proses selanjutnya, misalnya *drawing* atau *forming*.
- d. *Trimming*, proses pemotongan bagian yang tidak diperlukan dari proses *drawing* atau *forming* untuk mendapatkan ukuran akhir. Proses *trimming* akan meninggalkan bagian tidak berguna atau *scrap*.
- e. *Parting*, proses memisahkan suatu *part* menjadi dua bagian atau beberapa bagian dari *sheet metal* sehingga menghasilkan *part* sesuai dengan yang dikehendaki. Pada proses *parting* terdapat *scrap* yang tidak terpakai.
- f. *Notching* Dan *Semi-Notching*, proses pemotongan pada bagian tepi lembaran material dari suatu proses yang berurutan (*progressive*) untuk

membentuk *part*. Dengan pemotongan tersebut, *part* berangsur akan terbentuk. *Press dies* yang terdiri dari banyak proses yang berurutan untuk membentuk suatu *part* disebut *progressive dies*.

- g. *Perforating*, proses membuat banyak lubang secara berulang-ulang pada sheet metal. Lubang-lubang tersebut bias sebagai dekorasi, bagian dari saluran.
- h. *Lancing*, proses pemotongan sebagian dari suatu *part* yang secara serentak juga terjadi proses *bending*, salah satu tujuan proses ini adalah untuk ventilasi udara. Pada proses *lancing* disebut juga *semi notching*.

2.7.4 Proses Pembentukan (*forming*)

Proses *forming* adalah proses pembentukan *sheet metal*. Pada proses *forming* juga banyak menggunakan istilah-istilah yang membedakan fungsi atau tujuan dari proses tersebut agar tidak termasuk proses *forming*, tetapi dibahas menjadi proses *drawing* didalam kelompok proses *forming*. Namun, proses *forming* ini cukup kompleks, sehingga menjadi topik pembahasan tersendiri. Istilah dari berbagai proses pembentukan tersebut adalah sebagai berikut.

- a. *Forming*, adalah istilah umum untuk pembentukan, *forming* merupakan proses pembentukan *sheet metal* yang sederhana atau proses *drawing* yang dangkal tanpa menggunakan *blank holder*. Kontur pada proses *forming* adalah produk 3D yang tidak beraturan.
- b. *Bending*, adalah proses pembentukan *sheet metal* yang lurus. Terdapat 3 jenis proses *bending*, yaitu *V-bend*, *L-bend*, dan *U-bend*.
- c. *Drawing*, adalah proses pembentukan *sheet metal* yang dalam dan konturnya kompleks sehingga membentuk *blank holder* dan air *cushion/spring* untuk mengontrol aliran dari material serta diperlukan *bead* atau tahanan untuk menahan aliran material yang terlalu cepat. Untuk menghasilkan produk yang baik, maka harus menggunakan *sheet metal* khusus proses *drawing* dan mesin pres hidrolik.
- d. *Re-Striking*, adalah proses lanjutan dari proses *drawing* untuk menyempurnakan bentuk *part* agar tercapai bentuk akhir yang diminta. Proses ini hanya dilakukan pada bagian tertentu.

- e. *Burring*, adalah proses pembentukan *flange* pada lubang *part* dari *sheet metal*. *Flange* pada lubang dapat berfungsi sebagai penguat atau untuk membuat ulir pengikat. Untuk *sheet metal* yang tipis proses *burring* dan *piercing* dapat bersamaan dengan satu *punch*. Proses *burring* juga disebut *hole flanging*.
- f. *Crimping*, adalah proses *bending* untuk menyatukan atau merakit kabel listrik dengan kepala terminal yang terbuat dari *brass sheet* atau *copper sheet*.
- g. *Deep drawing*, adalah proses *drawing* yang dalam sehingga memerlukan beberapa kali proses *drawing* untuk mendapatkan bentuk dan ukuran akhir. *Blank-holder* mutlak diperlukan dan hanya dapat diproses pada mesin pres hidrolis serta menggunakan *sheet metal* khusus untuk *deep drawing*.
- h. *Flanging*, adalah proses membentuk bagian tepi *part* dari *sheet metal* yang tidak lurus. Tujuan proses *flanging* adalah untuk memperkuat bagian tepi dari *part* tersebut atau untuk faktor keindahan.
- i. *Stamping*, adalah proses membentuk huruf, simbol, atau lainnya pada permukaan *sheet metal*, dimana bagian dasarnya tetap rata. *Pressing capacity* yang diperlukan cukup besar.
- j. *Embossing*, adalah proses pembentuk (*forming*) *part* dari *sheet metal* untuk dekorasi, misalnya membuat tanda-tanda lalu lintas, rib untuk penguat produk. Bagian dasar dari *part* ikut terbentuk.

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 Inventor*, *Autodeks 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 ini memiliki 100% dari saham *Solidwork*. *Solidwork* dipimpin oleh *John 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 3/4 juta insinyur dan desainer di lebih dari 80.000 perusahaan di seluruh dunia.

Untuk permodelan pada industri pengecoran logam dalam hal pembuatan *pattern* nya, program program 3D seperti ini sangat membantu sebab akan memudahkan operator *pattern* untuk menterjemahkan gambar menjadi *pattern /model casting* pengecoran logam dan tentunya akan mengurangi kesalahan pembacaan gambar yang bisa mengakibatkan salah bentuk. Untuk industri permesinan selain dihasilkan gambar kerja untuk pengerjaan mesin manual juga hasil geometri dari *solidwork* ini bisa langsung diproses lagi dengan CAM program semisal *Mastercam, Solidcam, Visualmill* dll.

BAB 3 METODOLOGI

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1 Tempat Penelitian

Adapun tempat dilaksanakannya penelitian analisa numerik pada penekan cetakanmesin pres sistem hidrolik menggunakan perangkat lunak *solidwork* 2014, dan dilakukan di Laboratorium Komputer Fakultas Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jl. Kapten Muchtar Basri, No.3 Medan.

3.1.2 Waktu Penelitian

Adapun waktu kegiatan pelaksanaan penelitian ini setelah 9 bulan proposal judul tugas akhir disetujui dan dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan langkah-langkah penelitian yang dilakukan pada Tabel 3.1 dibawah ini :

Tabel 3.1 : Jadwal waktu dan kegiatan saat melakukan penelitian

NO	KEGIATAN	Bulan									
		6	7	8	9	11	12	1	2	3	
1.	Pengajuan Judul										
2.	Studi Literatur										
3.	Pengumpulan Data										
4.	Proses Simulasi										
5.	Penulisan Laporan										
6.	Sidang										

3.2. Alat Yang Digunakan

3.2.1 Komputer

Spesifikasi komputer yang digunakan dalam analisa numerik ini adalah sebagai berikut :

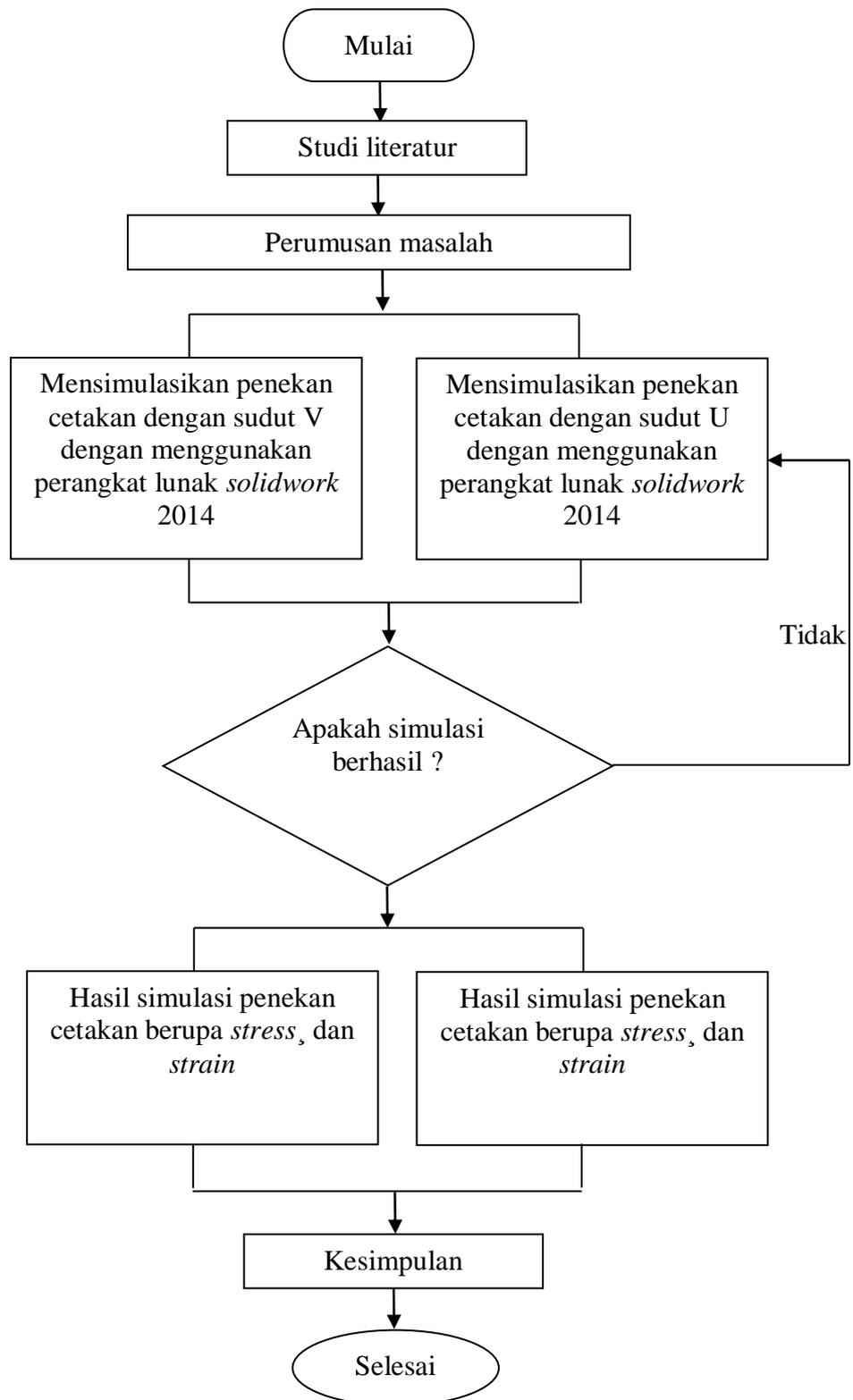
1. Processor : AMD A9-9400 RADEON R5, 5 COMPUTE CORES
2C + 3G 2.40 GHz
2. RAM : 4.00 GB (3,81 GB Usable)
3. Operation system : Windows 10 pro 64 bit operation system

3.2.2 Perangkat Lunak *Solidwork*2014

Perangkat Lunak *solidwork* yang sudah terinstal pada komputer adalah *solidwork* 2014 64bit yang didalamnya terdapat *sketch* gambar 3D adalah sebagai berikut:

1. Processor : AMD with Radeon Support 64 bit Operation System
2. RAM : 4 GB or more
3. Disk Space : 5 GB or more

3.3 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.3.1 Penjelasan Diagram Alir

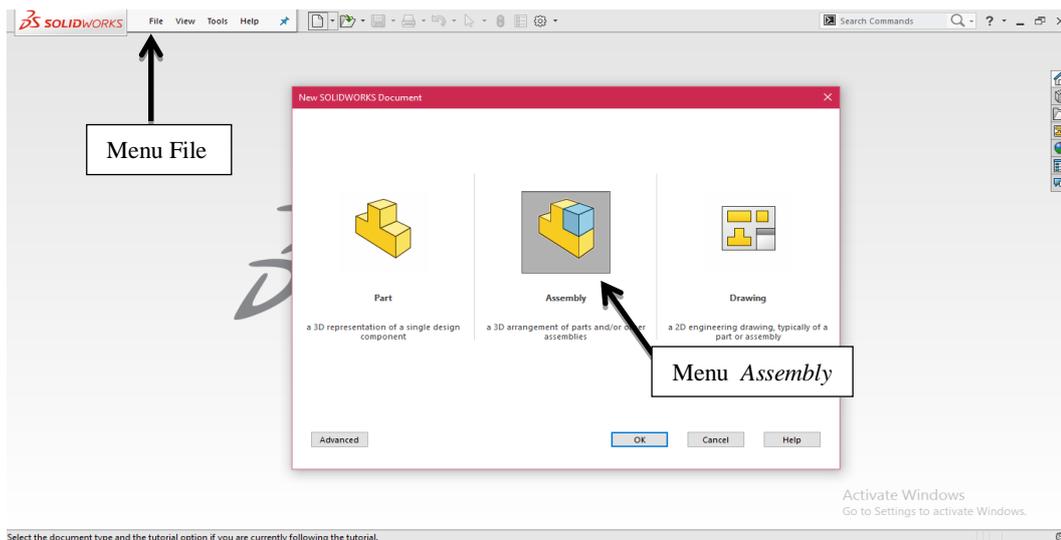
1. Studi literature, merupakan bagian yang sangat penting dari sebuah proposal atau laporan penelitian, teori-teori yang melandasi dilakukannya penelitian. Studi literature dapat diartikan sebagai kegiatan yang meliputi mencari, membaca, dan menelaah laporan-laporan penelitian dan bahan pustaka yang memuat teori-teori yang relevan dengan penelitian yang akan dilakukan.
2. Perumusan masalah, mengetahui permasalahan-permasalahan yang terjadi pada penekan cetakan berbentuk V dan U, kemudian akan disimulasikan dengan menggunakan perangkat lunak *solidwork* 2014.
3. Mensimulasikan penekan cetakan, bertujuan untuk melakukan percobaan-percobaan pada suatu komputer digital, yang melibatkan bentuk-bentuk fungsi matematika dan logika tertentu untuk menjelaskan tingkah laku dan struktur suatu sistem nyata yang kompleks.
4. Hasil simulasi, berupa hasil simulasi pada penekan cetakan yang terdiri dari *stress*, *displacement*, dan *strain*.
5. Kesimpulan adalah data-data yang didapat dari hasil simulasi penekan cetakan (*stress*, *displacement*, dan *strain*)

- 3.4 Prosedur simulasi Penekan Cetakan Bentuk V.
1. Memasukkan Penekan Cetakan

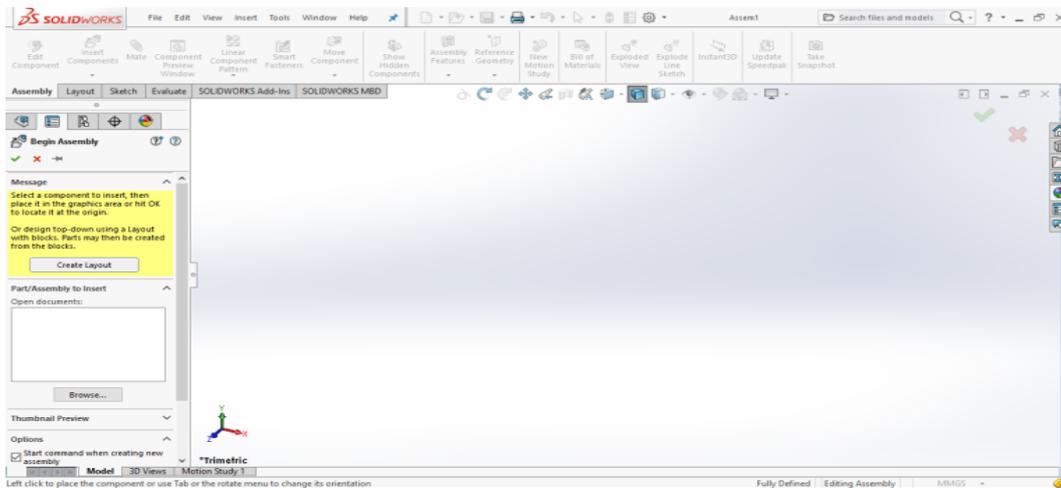


Gambar 3.2 Tampilan *Solidwork* 2014

Langkah pertama yang harus dilakukan untuk simulasi *punch die* dengan menggunakan perangkat lunak *Solidwork* yang sudah terinstal pada komputer / laptop. Kemudian untuk memulai lembar kerja baru dengan mengklik *File* pada sisi atas Program *Solidwork* dan pilih *Assembly* kemudian klik dua kali pada bagian *Part* atau pilih *Part* kemudian *ok* seperti gambar 3.3.



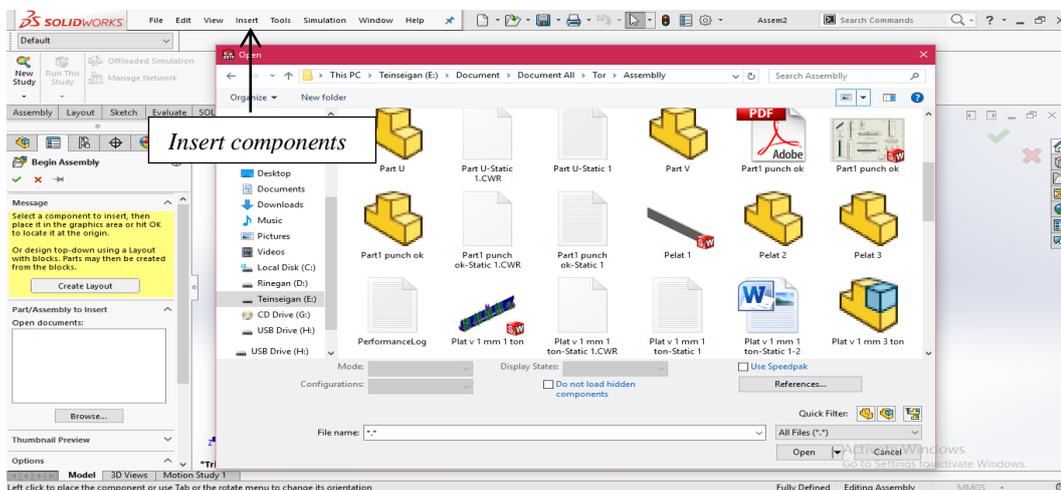
Gambar 3.3 Tampilan Menu *Assembly*



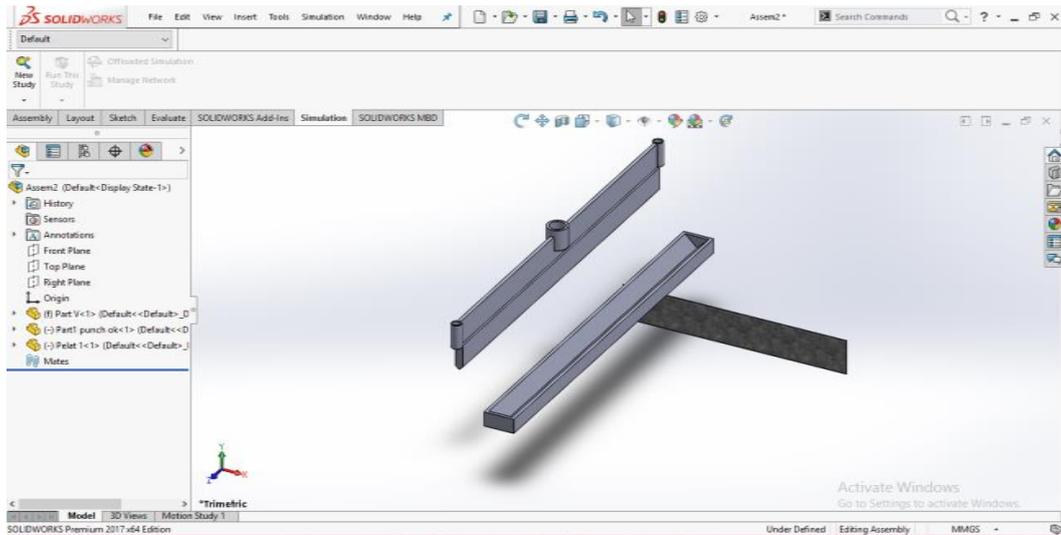
Gambar 3.4 Tampilan Layar Menu Assembly

2. Memasukkan Gambar Penekan Cetakan

Klik *Insert Components* maka akan terlihat menu *Toolbar* dan masukkan komponen – komponen yang telah di buat, yang tampak pada gambar 3.5 dan 3.6 dibawah ini.

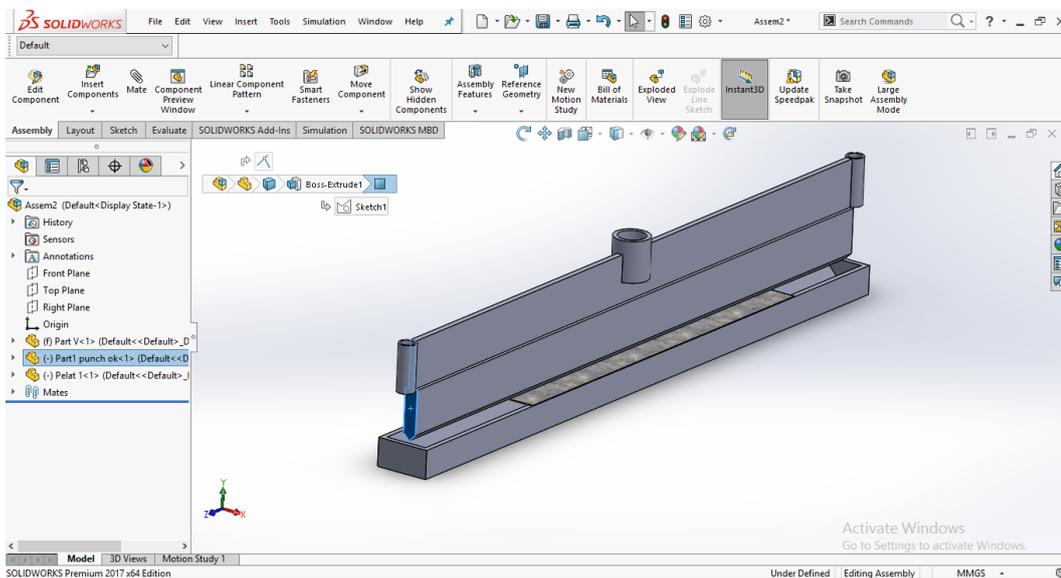


Gambar 3.5 Memasukkan Penekan Cetakan



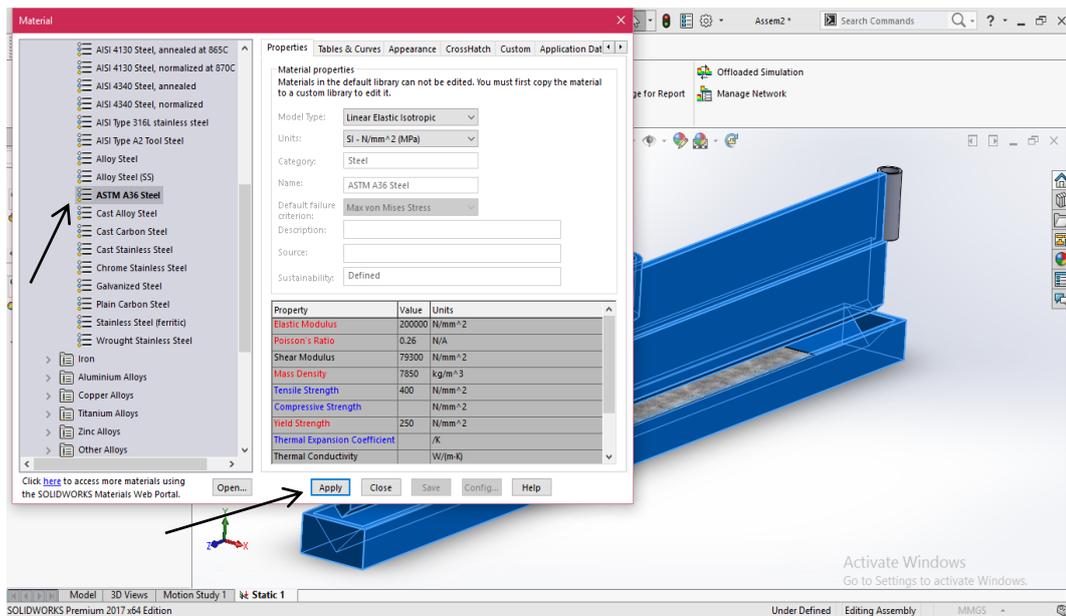
Gambar 3.6 Penekan Cetakan Dengan Sudut V

Kemudian gabungkan menjadi satu kesatuan klik *sketch view toolbar* pilih menu *hide show* item dan pilih menu *view temporary axes* hasilnya jadi seperti gambar 3.7 dibawah ini.

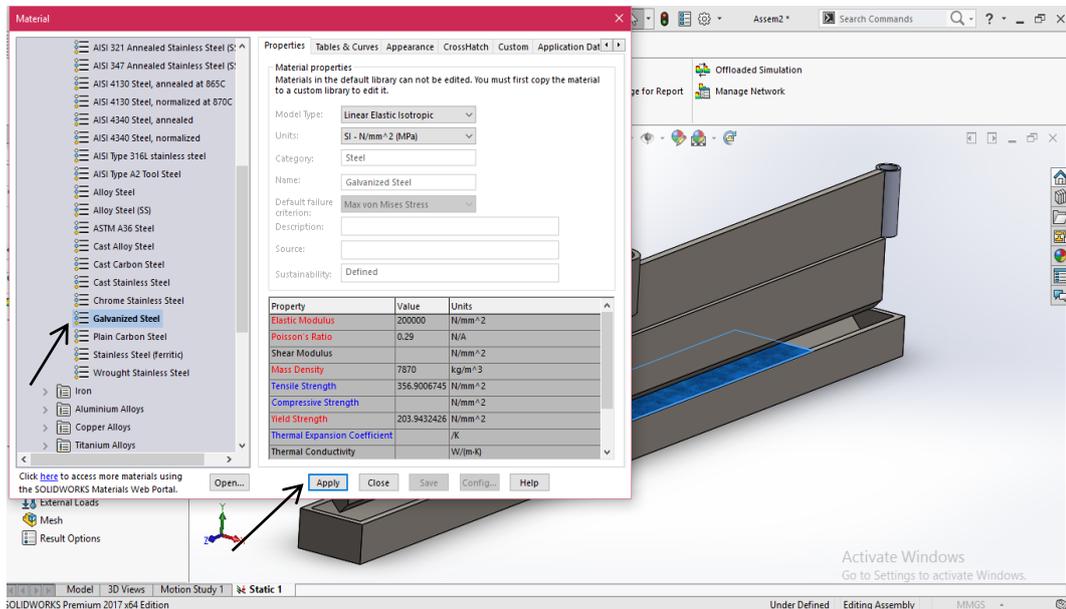


Gambar 3.7 Hasil Menu Pengabungan Menggunakan Menu *View Temporary Axes*

Setelah itu masuk ke menu *Simulation*, lalu klik kiri pilih menu *new study*. Pilih jenis material yang akan digunakan pada penekan cetakan pelat. Jenis material yang digunakan adalah Baja jenis ASTM A36 dan pelat yang berjenis *Galvanized*, lalu klik kiri pada *apply* lalu klik kiri *close* yang ditunjukkan pada gambar 3.8 dan 3.9 dibawah ini.



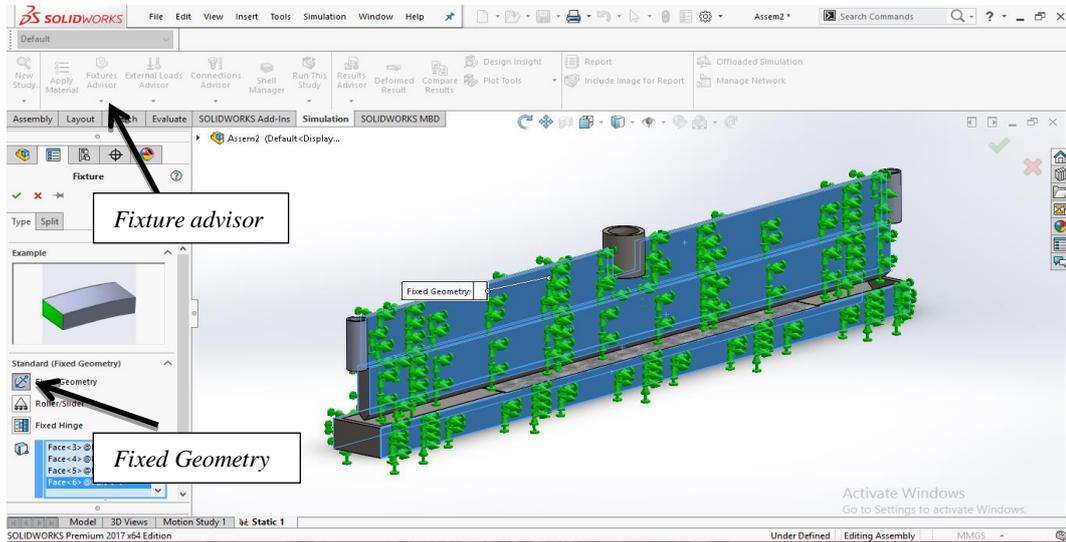
Gambar 3.8 Jenis Material Pada PenekanCetakan



Gambar 3.9 Jenis Material Pada Pelat

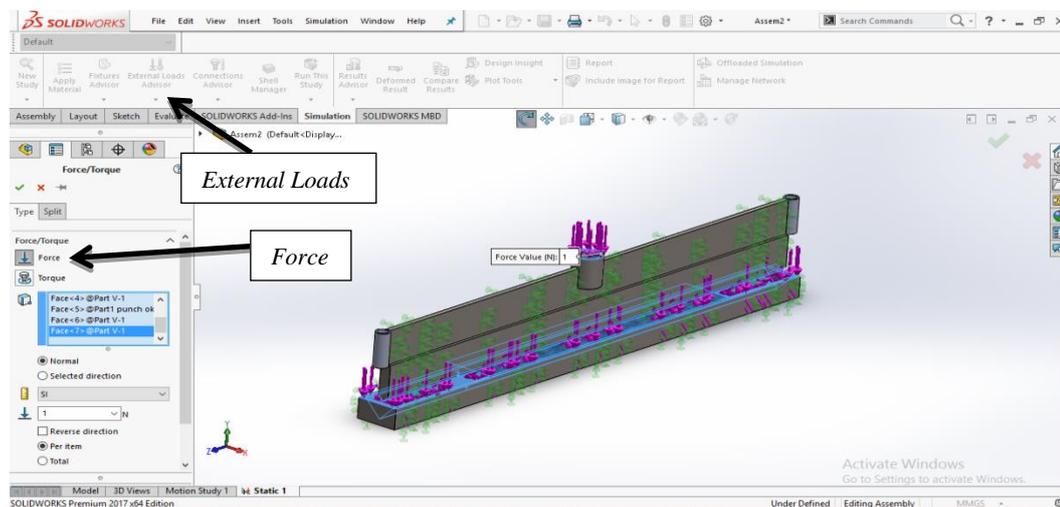
Setelah menentukan jenis material yang dipakai pada penekan cetakan, lalu klik kiri pada menu *fixture advisor*, lalu pilih *fixed geometry*. Disini *fixed geometry*

berfungsi untuk menentukan titik tumpuan yang akan diberikan pada penekan cetakan, titik tumpuan nya kali ini di berikan pada bagian sisi depan dan belakang penekan dan pada bagian depan, belakang dan bawah penekan.



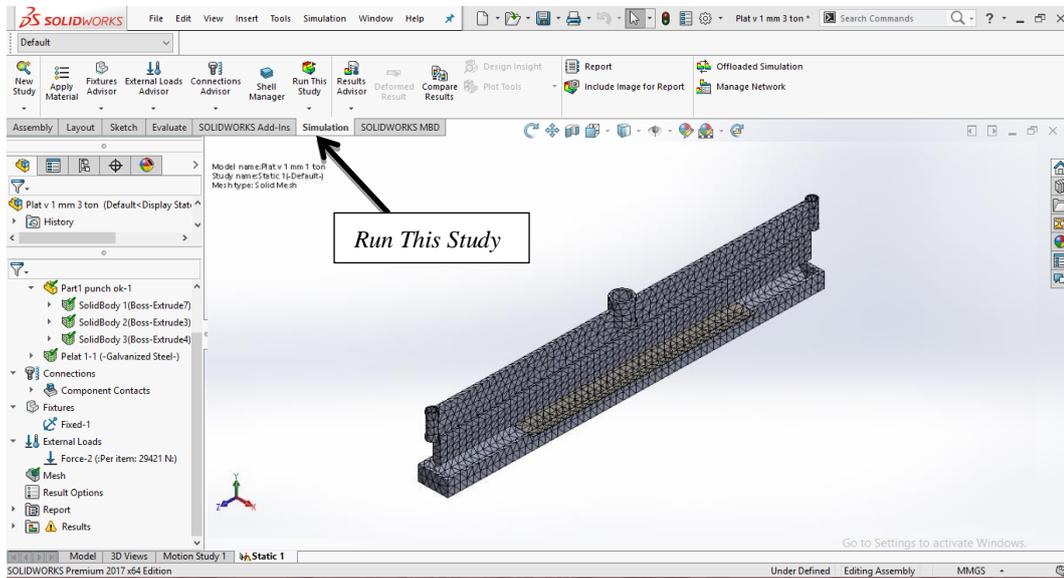
Gambar 3.10 Menentukan Titik Tumpuan Pada penekan cetakan

Setelah titik tumpuan ditentukan, lalu memberikan gaya yang akan diberikan pada penekan cetakan dengan cara klik kiri pada menu *external load*, didalam menu ini terdapat menu *external loads advisor*, *force*, *torque*, *pressure*, *gravity*, *centrifugal force*, *bearing load*, *remote load*, *distributed mass*, *temperature*, *flow effect* dan *thermal effect*. Kali ini klik kiri menu *force* lalu masukkan gaya yang akan diberikan. Kali ini gaya yang akan diberikan sebesar 1 Ton yang diberikan dibagian pada bagian bawah penekan dan bagian atas cetakan.



Gambar 3.11 Memberikan Force

Lalu klik kiri pada menu *run this study*, didalam ini terdapat proses *meshing*, *stress*, *displacement*, dan *strain* pada penekan cetakan.



Gambar 3.12 Hasil *Meshing*

3.4 Prosedur simulasi Penekan Cetakan Bentuk U.

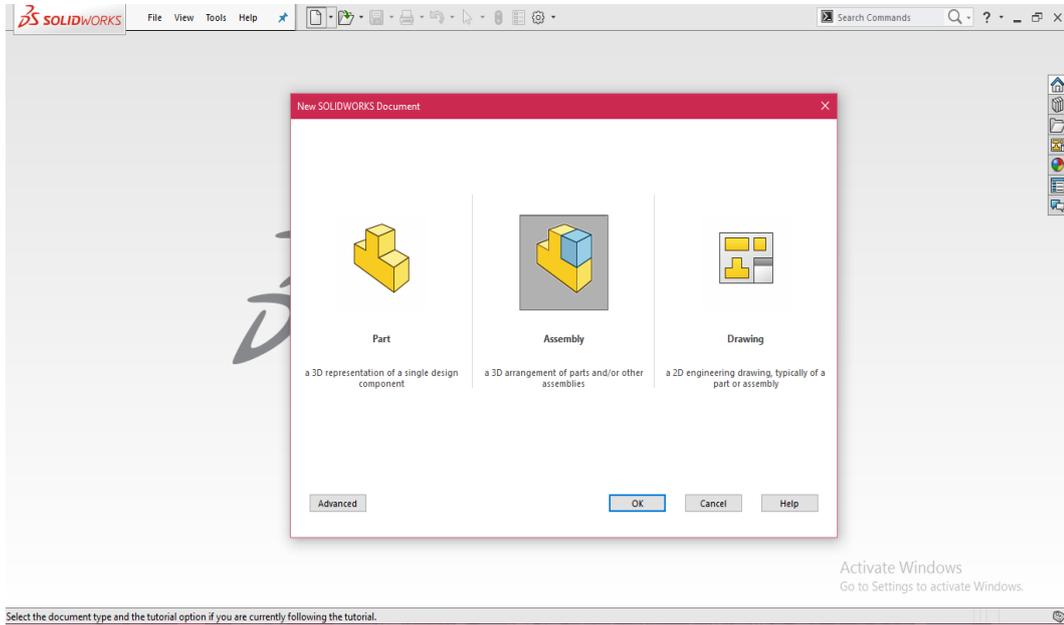
1. Memasukkan Penekan Cetakan



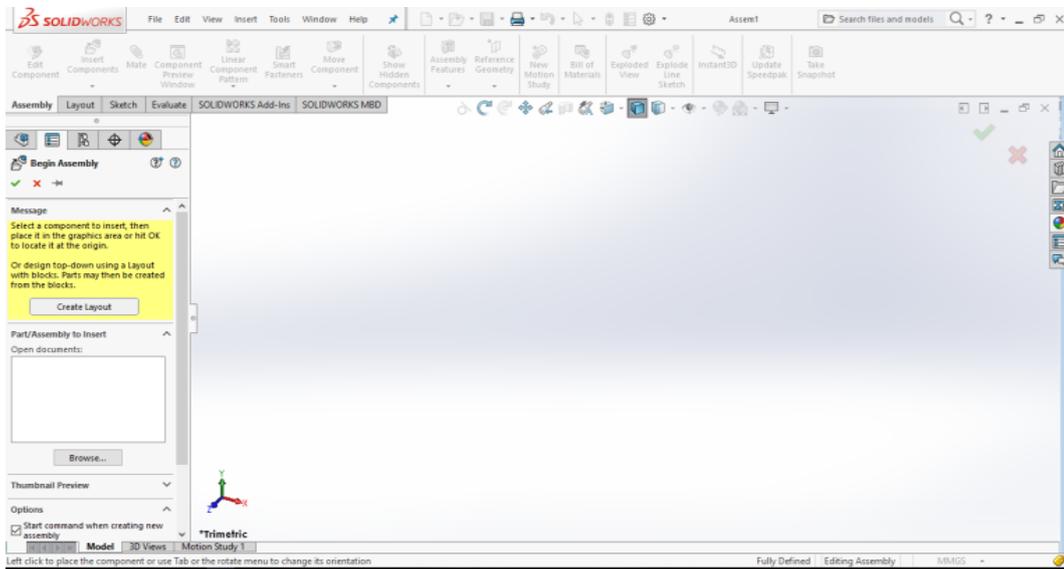
Gambar 3.13 Tampilan *Solidwork* 2014

Langkah pertama yang harus dilakukan untuk simulasi penekan cetakan dengan menggunakan perangkat lunak *Solidwork* yang sudah terinstal pada komputer / laptop. Kemudian untuk memulai lembar kerja baru dengan mengklik *File* pada

sisi atas Program *Solidwork* dan pilih *Assembly* kemudian klik dua kali pada bagian *Part* atau pilih *Part* kemudian *ok* seperti gambar 3.14.



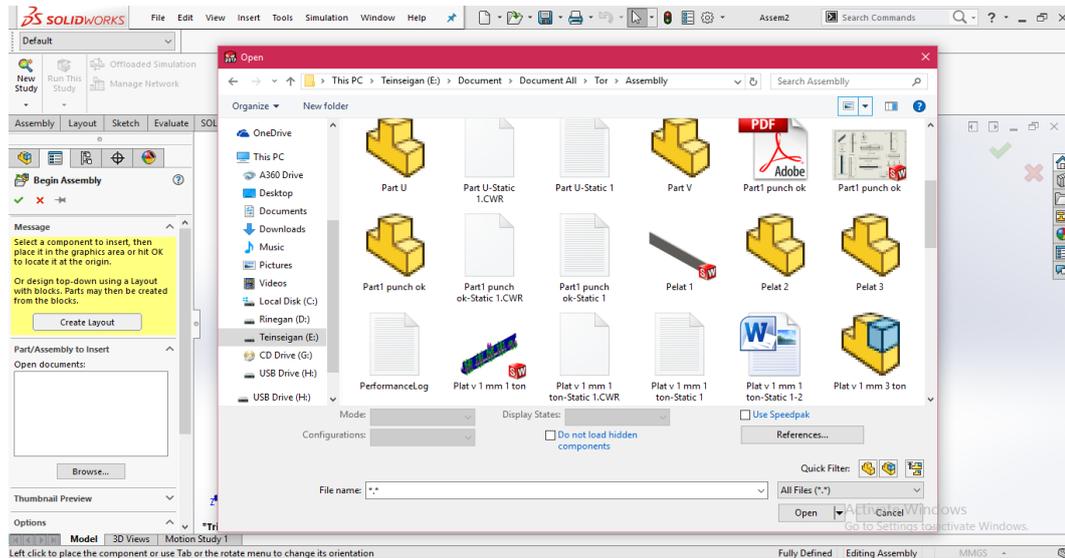
Gambar 3.14 Tampilan Menu *Assembly*



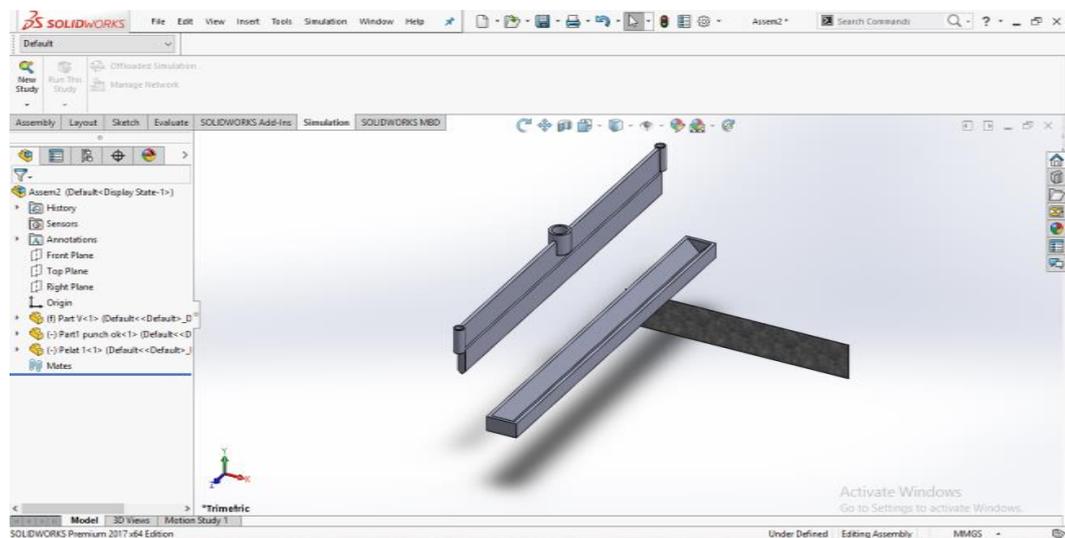
Gambar 3.15 Tampilan Layar Menu *Assembly*

2. Memasukkan Gambar Penekan Cetakan

Klik *Insert Components* maka akan terlihat menu *Toolbar* dan masukkan komponen – komponen yang telah di buat, yang tampak pada gambar 3.16 dan 3.17 dibawah ini.

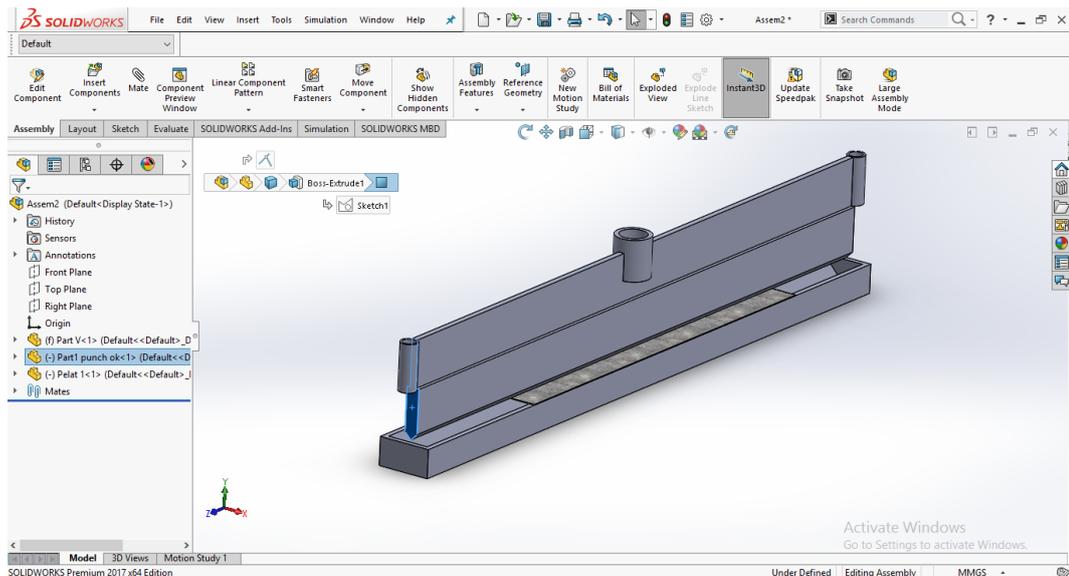


Gambar 3.16 Memasukkan Penekan Cetakan



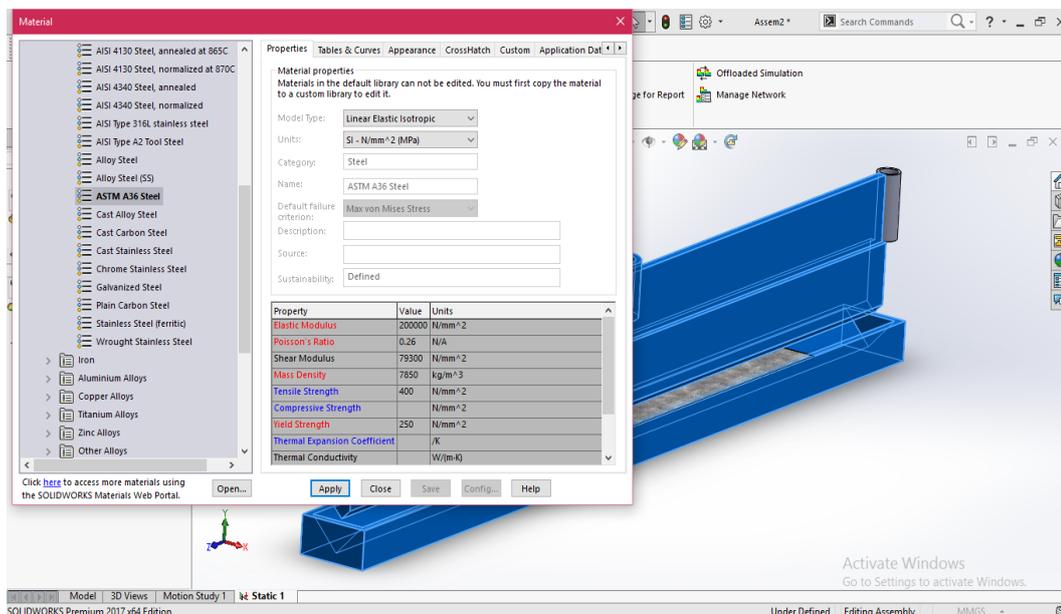
Gambar 3.17 Penekan Cetakan Dengan Sudut V

Kemudian gabungkan menjadi satu kesatuan klik *sketch view toolbar* pilih menu *hide show* item dan pilih menu *view temporary axes* hasilnya jadi seperti gambar 3.18 dibawah ini.

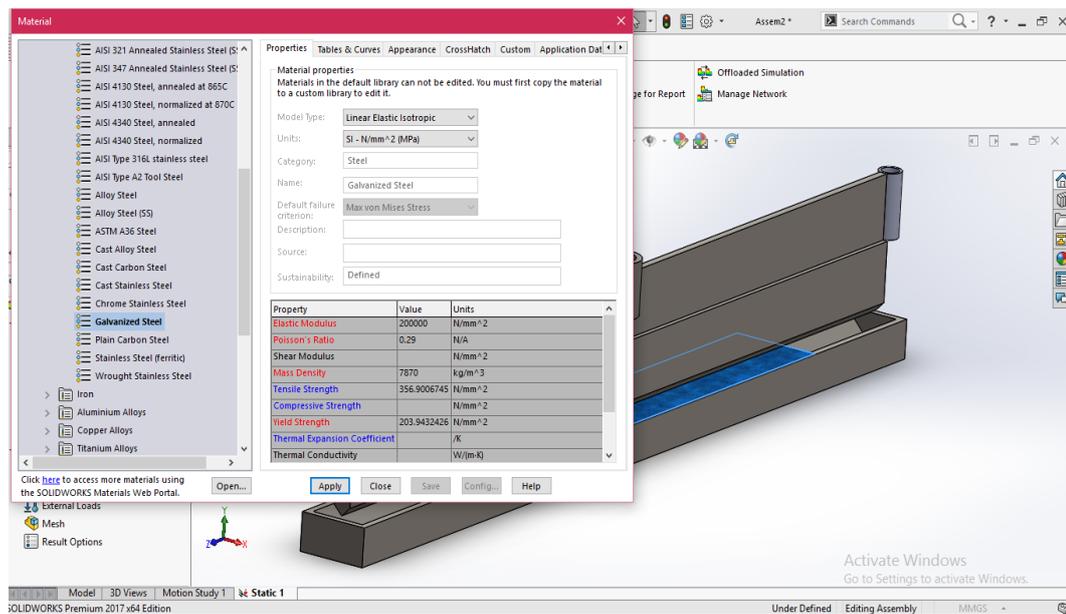


Gambar 3.18 Hasil Menu Pengabungan Menggunakan Menu *View Temporary Axes*

Setelah itu masuk ke menu *Simulation*, lalu klik kiri pilih menu *new study*. Pilih jenis material yang akan digunakan pada penekan cetakandan pelat. Jenis material yang digunakan adalah Baja jenis ASTM A36 dan pelat yang berjenis *Galvanized*, lalu klik kiri pada *apply* lalu klik kiri *close* yang ditunjukkan pada gambar 3.19 dan 3.20 dibawah ini.

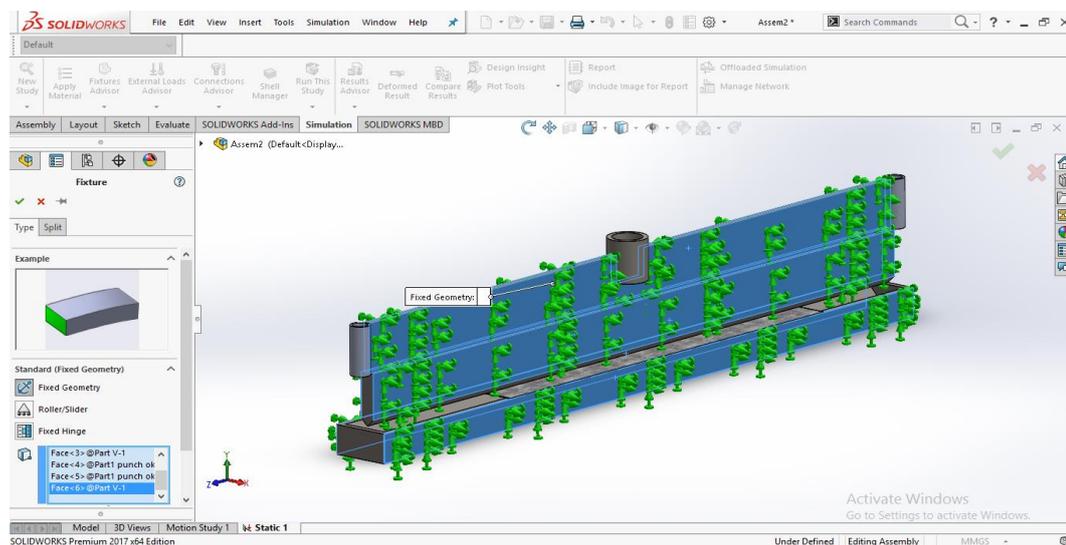


Gambar 3.19 Jenis Material Pada Penekan Cetakan



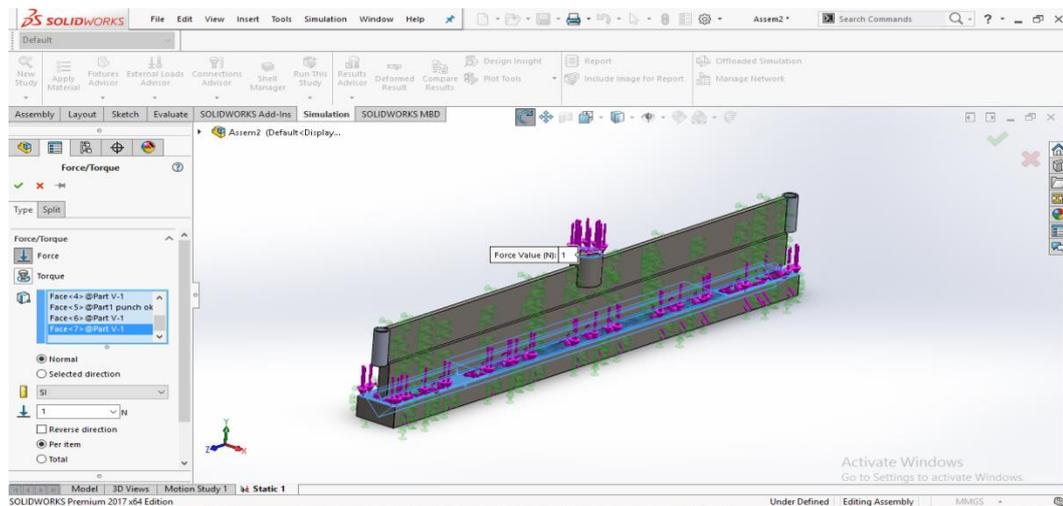
Gambar 3.20 Jenis Material Pada Pelat

Setelah menentukan jenis material yang dipakai pada penekan cetakan, lalu klik kiri pada menu *fixture advisor*, lalu pilih *fixed geometry*. Disini *fixed geometry* berfungsi untuk menentukan titik tumpuan yang akan diberikan pada penekan cetakan, titik tumpuan nya kali ini di berikan pada bagian sisi depan dan belakang penekan dan pada bagian depan, belakang dan bawah penekan.



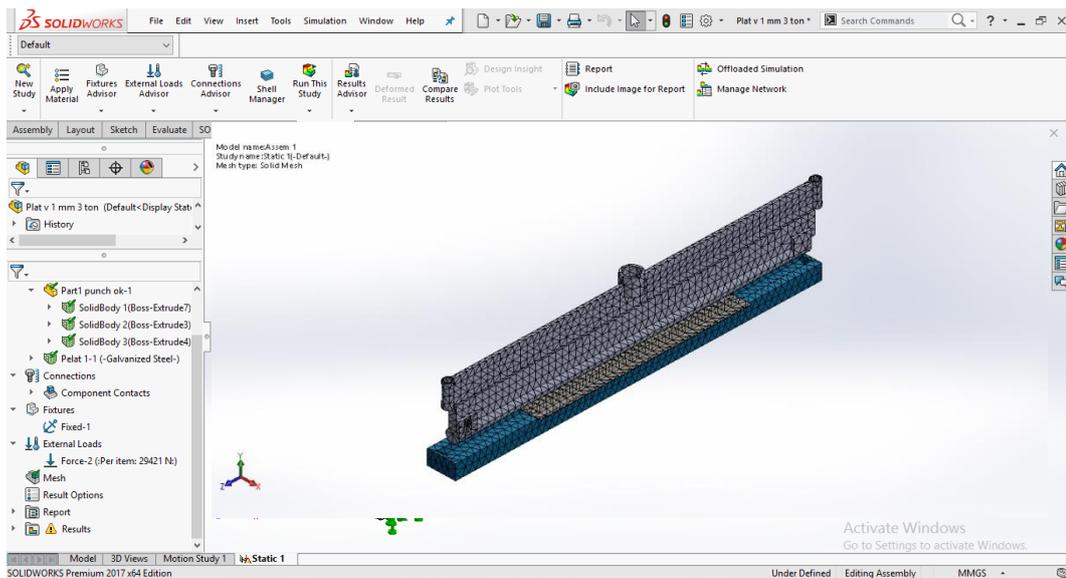
Gambar 3.21 Menentukan Titik Tumpuan Pada penekan cetakan

Setelah titik tumpuan ditentukan, lalu memberikan gaya yang akan diberikan pada penekan cetakan dengan cara klik kiri pada menu *external load*, didalam menu ini terdapat menu *external loads advisor, force, torque, pressure, gravity, centrifugal force, bearing load, remote load, distributed mass, temperature, flow effect* dan *thermal effect*. Kali ini klik kiri menu *force* lalu masukkan gaya yang akan diberikan. Kali ini gaya yang akan diberikan sebesar 1 Ton yang diberikan dibagian pada bagian bawah penekan dan bagian atas cetakan.



Gambar 3.22 Memberikan *Force*

Lalu klik kiri pada menu *run this study*, didalam ini terdapat proses *meshing, stress, displacement, dan strain* pada penekan cetakan.



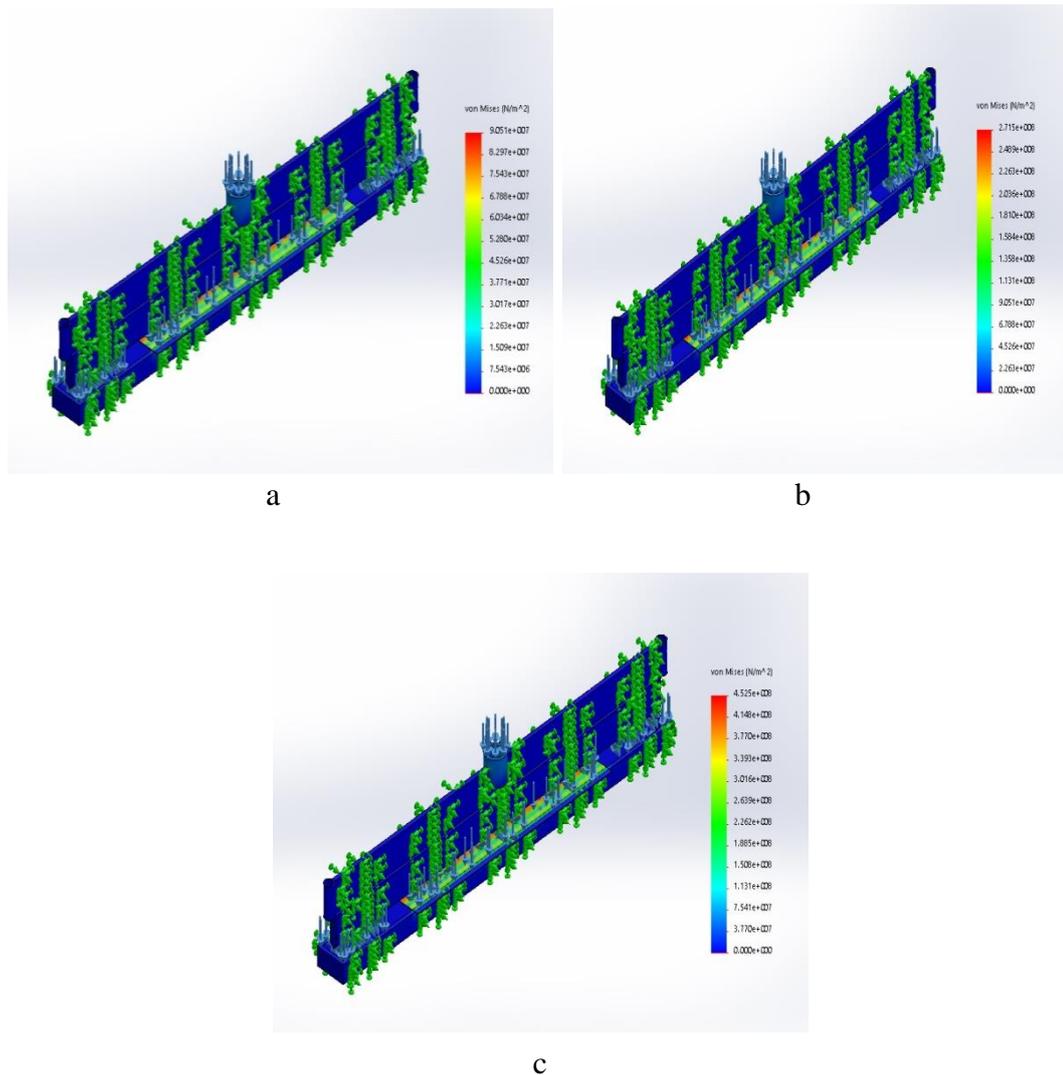
Gambar 3.23 Hasil *Meshing*

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Simulasi Pada penekan cetakan Bentuk V

4.1.1 Distribusi Tegangan pada penekan cetakan terhadap pelat 1 mm

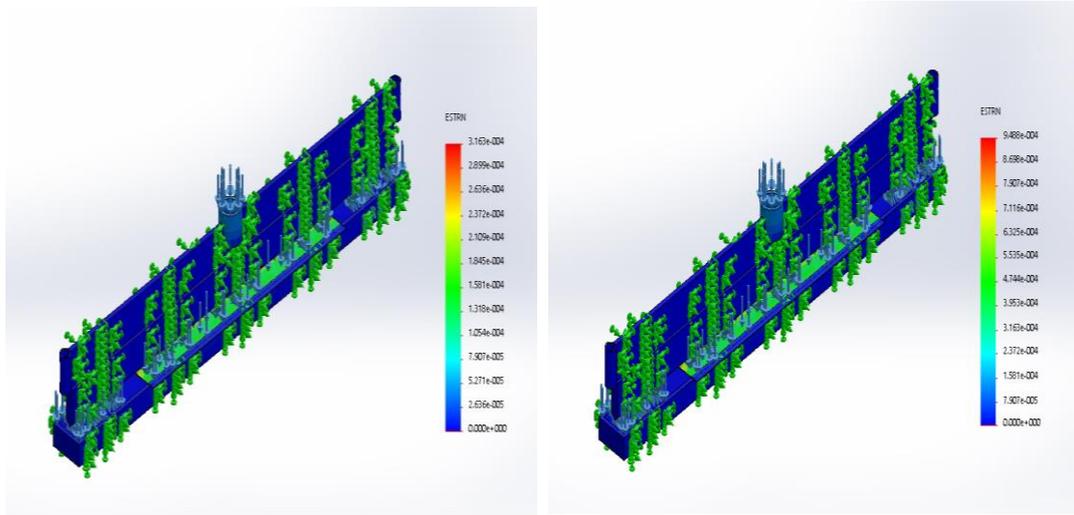
Pada pengujian ini, kita akan melihat distribusi tegangan yang terjadi pada penekan cetakan ketika diberi pelat 1 mm. Variasi gaya yang digunakan yaitu sebesar 1, 3, 5 Ton.



Gambar 4.1 Distribusi tegangan pada penekan cetakan terhadap pelat 1 mm (a) 1 Ton; (b) 3 Ton; (c) 5 Ton;

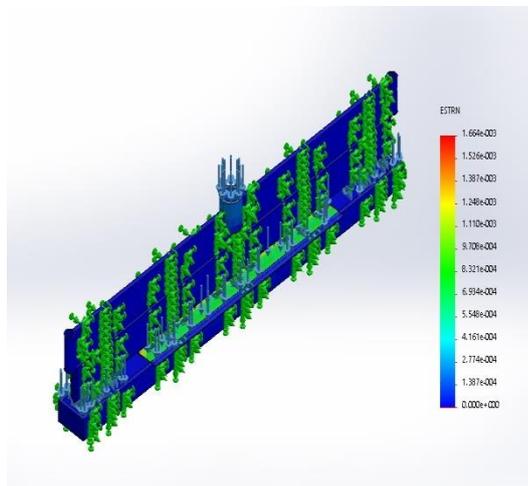
4.1.2 Distribusi Regangan pada penekan cetakan terhadap pelat 1 mm

Pada pengujian ini, kita akan melihat distribusi regangan yang terjadi pada penekan cetakan ketika menekuk pelat 1 mm. Variasi gaya yang digunakan yaitu sebesar 1, 3, 5 Ton.



a

b



c

Gambar 4.2 Distribusi regangan pada penekan cetakan terhadap pelat 1 mm(a) 1 Ton; (b) 3 Ton; (c) 5 Ton;

Berdasarkan pemberian variasi gayapada penekan cetakan menggunakan perangkat lunak *Solidwork*, diperoleh nilai-nilai tegangan dan regangan dialami oleh penekan cetakanketika menekan pelat 1 mm.

Tabel 4.1 Hasil Simulasi Penekan Cetakankerhadap pelat 1 mm

	Beban(Ton)	Tegangan (N/m ²)
1	1	$9,051 \times 10^7$
2	3	$2,715 \times 10^8$
3	5	$4,525 \times 10^8$



No.	Beban(Ton)	Regangan
1	1	$1,664 \times 10^3$
2	3	$3,163 \times 10^4$
3	5	$9,488 \times 10^4$

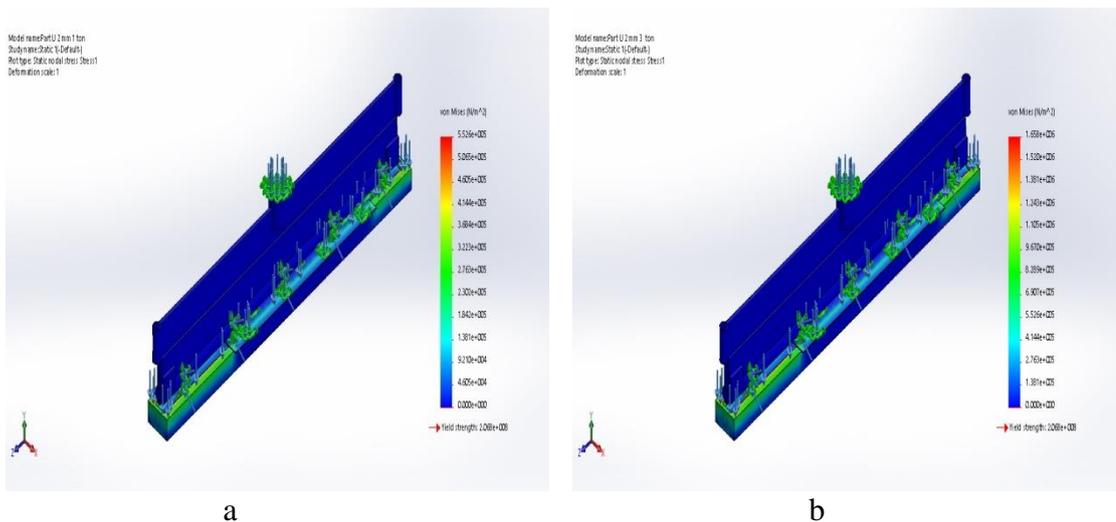


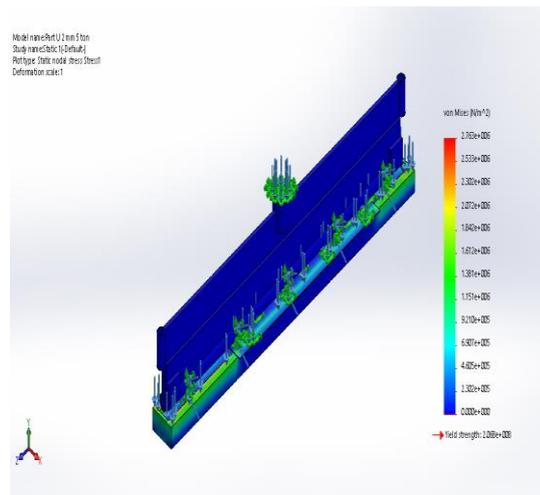
Gambar 4.4 Grafik Regangan Penekan Cetakan

4.2 Simulasi Pada Penekan Cetakan Bentuk U

4.2.1 Distribusi Tegangan pada penekan cetakan terhadap pelat 1 mm

Pada pengujian ini, kita akan melihat distribusi tegangan yang terjadi pada penekan cetakan ketika diberi pelat 1 mm. Variasi gaya yang digunakan yaitu sebesar 1, 3, 5 Ton.



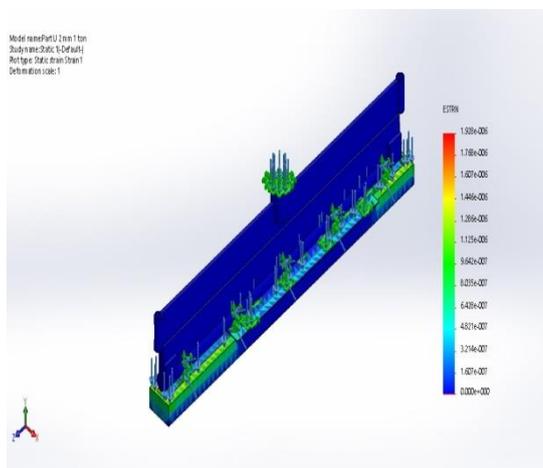


c

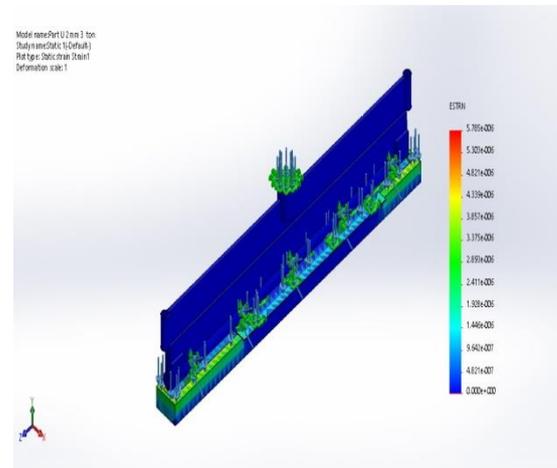
Gambar 4.5 Distribusi tegangan pada penekan cetakan terhadap pelat 1 mm (a) 1 Ton; (b) 3 Ton; (c) 5 Ton;

4.2.2 Distribusi Regangan pada penekan cetakan terhadap pelat 1 mm

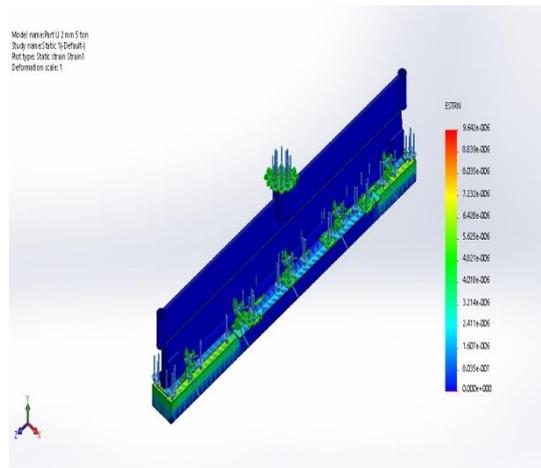
Pada pengujian ini, kita akan melihat distribusi regangan yang terjadi pada penekan cetakan ketika menekuk pelat 1 mm. Variasi gaya yang digunakan yaitu sebesar 1, 3, 5 Ton.



a



b

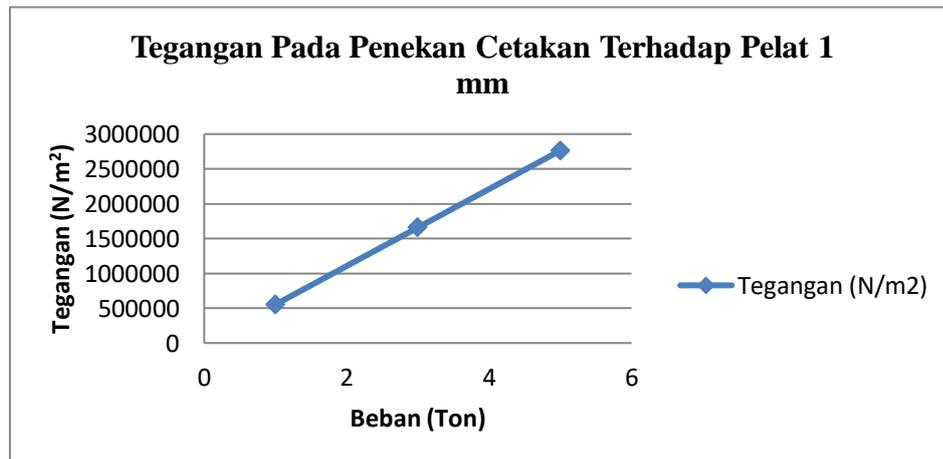


c

Gambar 4.6 Distribusi regangan pada penekan cetakan terhadap pelat 1 mm(a) 1 Ton; (b) 3 Ton; (c) 5 Ton;

Berdasarkan pemberian variasi gaya pada penekan cetakan menggunakan perangkat lunak *Solidwork*, diperoleh nilai-nilai tegangan dan regangan dialami oleh penekan cetakan ketika menekan pelat 1 mm.

No.	Beban(Ton)	Tegangan (N/m ²)
1	1	5.526×10^5
2	3	1.658×10^6
3	5	2.763×10^6



Gambar 4.7 Grafik Tegangan Penekan Cetakan

Tabel 4.4 Hasil Simulasi penekan cetakan terhadap pelat 1 mm

No.	Beban(Ton)	Regangan
1	1	1.928e-006
2	3	5.785e-006
3	5	9.642e-006



Gambar 4.8 Grafik Regangan Penekan Cetakan

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian penekan cetakan dengan melakukan proses simulasi pada perangkat lunak *solidwork* 2014 dengan mencari tegangan dan regangan diperoleh hasil sebagai berikut :

1. Dari hasil simulasi yang didapat, diperoleh hasil tegangan pada penekan cetakan terhadap pelat 1 mm mengalami kenaikan nilai sebesar 6.336 N/m^2 dan terjadi diantara pelat dan cetakan.
2. Dari hasil simulasi yang didapat, diperoleh hasil regangan pada penekan cetakan terhadap pelat 1 mm mengalami kenaikan nilai sebesar 6.325 dan terjadi di posisi bawah penekan.

5.2 Saran

1. Pelajari lebih lanjut perangkat lunak *solidwork* 2014 untuk lebih mengerti nantinya.
2. Tentukan jenis material yang akan diberikan pada penekan cetakan yang akan dibuat sebelum disimulasi.
3. Melengkapi peralatan yang cukup untuk melakukan proses simulasi.
4. Teliti dalam mengerjakan sesuatu.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Hasnan.S., 2006.Mengenal Proses *Deep Drawing*. Jakarta
- Siswanto.W.A., 2001. Simulasi *Springback Benchmark Problem Cross*
- Muhharjono, 2013. Bagian-bagian *Dies*
- Rahmi, F. 2015. Mesin pres menggunakan tenaga hydraulic jack.<http://mesinpressku.blogspot.co.id/2015/12/pengertian-mesin-pres.html>(diakses tanggal 28-01-2019)
- Budi, F. 2014. Cara kerja mesin pres hidraulik. <http://infokitabersama123.co.id/2014/01/cara-kerja-mesin-pres-hidrolik.html> (diakses tanggal 25-01-2019, 13:41 wib)
- Irwansyah Putra.,2019. Studi Eksperimental Pada *Punch Dan Die* Mesin Pres Sistem Hidrolik Dengan Variasi Gaya. Medan
- Dharmawan, H. 2000, Pengantar Perancangan Teknik (Perancangan Produk),Jakarta: Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional.Hestanto. 2017.
- Marsis Wisjnu P, Iswantoro. 2007. Perancangan Mesin Bending Dengan Memanfaatkan Sistem Dongkrak Hidrolik Sederhana.Jakarta : Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Purwiningtyas, D. 2006. Modifikasi dan Uji Kinerja Stang Pendorong Dan Kantong Penampung Rumput Mesin Pemotong Rumput SRT – 01.Bogor Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- ASM International, 1993, ASM Metal, Handbook Vol 14 – Forming And Forging, 9th edition, ASM International Inc
- Harsokoesoemo, 2000. Pengantar Perancangan Teknik. ITB. Bandung.
- Dwipayana. 2015.*Bending Dies Mettalia Methods Sheets Tube*
- E.J. Pavlina And C.J Van Tyne, *Correlation Of Yield Strength And Tensile Strength With Hardness For Steels, Journal Of Materials Engineering And Performance, 17:6 2008*
- <https://fisikazone-com.cdn.ampproject.org/v/tegangan-regangan-dan-modulus-elastisitas/amp> (Diakses tanggal 30 januari 2019)

- Tekiner, Z, 2004, *An experimental study on the examination of springback of sheet metal with several thickness and properties in bending dies*, Journal of Materials Processing Technology, Vol 145 (2004) pp, 109-117, Elsevier Ltd
- Sulistyo Ari. 2014. Makalah bending. <http://arissulistyo.blogspot.com/2014/04/makalah-bending-teknik-mesin-s-1.html>(diakses tanggal 13-01-2019, 13:41 wib)
- Dassault Systemes Solidwork Corporation, 2011, *Solidwork Essentials*, Massachusets
- Andrew Pytel dan Singer Ferdinand,L.,*Ilmu Kekuatan Bahan*, Erlangga, Jakarta, 1995.
- Marciniak, Z dkk, 2002, "*Mechanics of Sheet Metal Forming*", Edisi ke II, Butterworth - Heinemann, London.
- Sharma, P.C, 2002, "*A Text Book of Production Engineering*" S. Chand andCompany Ltd, New Delhi.
- <https://sites.google.com/site/andesteknik/Home/articles/klasifikasistainless-steel>
(Diakses tanggal 02 februari 2019)

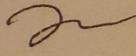
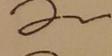
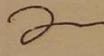
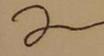
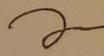
LAMPIRAN

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Analisa Numerik Pada *Punch Dan Die* Mesin Pres Sistem Hidrolik Dengan Variasi Gaya Menggunakan *Software Solidwork 2014*

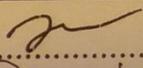
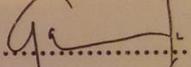
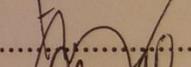
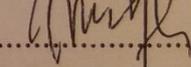
Nama : Muhammad Rinaldy Salim Siregar
NPM : 1407230208

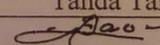
Dosen Pembimbing 1 : Bekti Suroso S.T., M.Eng.
Dosen Pembimbing 2 : Chandra A Siregar S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	13.09.2018	- Perbaiki Penulisan Pada Bab I dan II Latar Belakang, Rumusan Dan Tujuan. Sertakan Tinjauan Pustaka	
2.	29.09.2018	- Perbaiki Diagram Alir	
3.	26.10.2018	- Perbaiki Gambar 3 Pada Bab IV	
4.	08.02.2019	- Perbaiki Kesimpulan	
5.	15.02.2019	- Perbaiki Abstrak, Daftar Pustaka	
6.	16.02.2019	- Lanjut Bimbingan ke Dosen Pembimbing II	
7.	18.2.2019	Perbaiki format	
8.	23.2.2019	perbaiki bab III dan IV	
9.	26.2.2019	Acc seminar	

**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2018 – 2019**

Peserta Seminar
 Nama : M.Rinaldy Salim Siregar
 NPM : 1407230208
 Judul Tugas Akhir : Analisa numeric Pada Punc Dan Die Mesin Pres Sistem Hidrolik Dengan Variasi Gaya Menggunakan Software Solid works 2014.

DAFTAR HADIR	TANDA TANGAN
Pembimbing – I : Bekti Suroso.S.T.M.T	: 
Pembimbing – II : Chandra A Siregar.S.T.M.T	: 
Pembanding – I : DR.Rakhmad Arief Srg.M.Eng	: 
Pembanding – II : M.Yani.S.T.M.T	: 

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1407230265	BASYARUDDIN	
2	1407230140	ADITYA PUTRA MALAU	
3	1407230208	M RINALDY SALIM SIREGAR	
4	1407230001	Muhammad Fauzan	
5	1407230236	M.khairul Fiqri Pangkep	
6	1507230105	Agus Sulistiach	
7	1507230239	FIR ARIZA	
8	1407230273	Mukhlis	
9	1407230196	ANDRE ANDANA	
10	1407230161	Ahmad Saputra Siregar	

Medan, 02 Rajab 1440 H
09 Maret 2019 M


 Ketua Prodi. T. Mesin
 Afandi.S.T.M.T

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

NAMA : MRinaldy Salim Siregar
NPM : 1407230208
Judul T.Akhir : Analisa Numeric Pada Punch Dan Die Mesin Pres Sistem Hidro-
Lik Dengan Variasi Gaya Menggunakan Software Solidworks -
2014.

Dosen Pembimbing - I : Bekti Suroso.S.T.M.Eng
Dosen Pembimbing - II : Chandra A Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembanding - I : DR.Rakhmad Arief Siregar.M.Eng
Dosen Pembanding - II : M.Yani.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 :

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

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

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

Medan 02 Rajab 1440H
09 Maret 2019 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin



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

Dosen Pembanding- I

DR.Rakhmad Arief Siregar.M.Eng

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

NAMA : MRinaldy Salim Siregar
NPM : 1407230208
Judul T.Akhir : Analisa Numeric Pada Punch Dan Die Mesin Pres Sistem Hidro-
Lik Dengan Variasi Gaya Menggunakan Software Solidworks -
2014.

Dosen Pembimbing - I : Bekti Suroso.S.T.M.Eng
Dosen Pembimbing - II : Chandra A Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembanding - I : DR.Rakhmad Arief Siregar.M.Eng
Dosen Pembanding - II : M.Yani.S.T.M.T

KEPUTUSAN

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

..... lihat pd bagian yg harus direvisi
..... di draft sarjana

3. Harus mengikuti seminar kembali

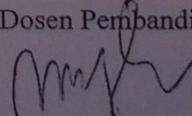
Perbaikan :
.....
.....
.....
.....

Medan 02 Rajab 1440H
09 Maret 2019 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin


Affandi.S.T.M.T

Dosen Pembanding- II


M.Yani.S.T.M.T

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama : Muhammad Rinaldy Salim Siregar
NPM : 1407230208
Tempat/Tanggal Lahir : Medan/13 Desember 1995
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Status : Belum Menikah
Alamat : Jl.Ampera I Gg Sempurna No.12 C Medan
Nomor WhatsApp : 0815 3433 5117
Nama Orang Tua
Ayah : Sori Muhammad Tua Siregar
Ibu : Sutianna Nasution

PENDIDIKAN FORMAL

2001-2007 : Sd Swasta Al-Washliyah Medan
2007-2010 : Smp Swasta Al-Washliyah Medan
2010-2013 : Smk Negeri 5 Medan
2014-2019 : Mengikuti Pendidikan S1 Program Studi Teknik Mesin Fakultas
Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara