

TUGAS SARJANA
KONSTRUKSI DAN MANUFAKTUR
ANALISA NUMERIK *DIE* EKSTRUSI DINGIN PADA
PEMBENTUKAN BENDA KERJA BERBENTUK SILINDER

*Diajukan Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T)
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun oleh :

BAMBANG PRANOTO
1307230091



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2018

LEMBAR PENGESAHAN - I
TUGAS SARJANA
KONSTRUKSI DAN MANUFAKTUR
ANALISA NUMERIK DIE EKSTRUSI DINGIN PADA
PEMBENTUKAN BENDA KERJA BERBENTUK
SILINDER

Disusun Oleh :

BAMBANG PRANOTO

1307230091

Diperiksa dan Disetujui Oleh :

Pembimbing – I

(H. Murhanif M, S.T., M.Sc)

Pembimbing – II

(Bekti Suroso, S.T., M.Eng)

Diketahui oleh :

Ka. Program Studi Teknik Mesin

(Affandi, S.T)

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2018

LEMBAR PENGESAHAN - II
TUGAS SARJANA
KONSTRUKSI DAN MANUFAKTUR
ANALISA NUMERIK DIE EKSTRUSI DINGIN PADA
PEMBENTUKAN BENDA KERJA BERBENTUK
SILINDER

Disusun Oleh :

BAMBANG PRANOTO

1307230091

Telah Diperiksa dan Diperbaiki
Pada Seminar Tanggal 20 Januari 2018

Disetujui Oleh :

Pembanding - I

(Dr. Eng Rakhmad Arief Siregar)

Pembanding - II

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

Diketahui oleh :

Ka. Program Studi Teknik Mesin

(Affandi, ST)

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2018



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Pusat Administrasi: Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Telp. (061) 6611233 – 6624567 –
6622400 – 6610450 – 6619056 Fax. (061) 6625474 Medan 20238
Website : <http://www.umsu.ac.id>

Bila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

DAFTAR SPESIFIKASI
TUGAS SARJANA

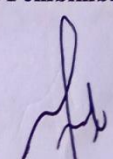
Nama Mahasiswa : Bambang Pranoto
NPM : 1307230091
Semester : IX
SPESIFIKASI : Analisa Numerik Die Ekstrusi Dingin Pada Pembentukan
Benda Kerja Berbentuk Silinder

Diberikan Tanggal : 22 Maret 2017
Selesai Tanggal : 23 Desember 2017
Asistensi : Seminggu Sekali
Tempat Asistensi : Fakultas Teknik UMSU

Diketahui oleh :
Ka. Program Studi Teknik Mesin


(Affandi, S.T.)

Medan, 23 Desember 2017
Dosen Pembimbing – I


(H. Muharnif M, S.T., M.Sc)



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Pusat Administrasi: Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Telp. (061) 6611233 – 6624567 –
6622400 – 6610450 – 6619056 Fax. (061) 6625474 Medan 20238
Website : <http://www.umsu.ac.id>

silakan menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

DAFTAR HADIR ASISTENSI
TUGAS SARJANA

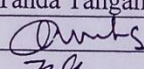


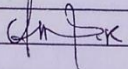

NAMA : Bambang Pranoto PEMBIMBING – I : Rahmat K. Simanjuntak, S.T.,M.T
NPM : 1307230091 PEMBIMBING – II : H. Muharnif M, S.T.,M.Sc

NO	Hari / Tanggal	Uraian	Paraf
1	Rabu/22 Maret 2017	Spesifikasi tugas sarjana	HP
2	Kamis/6 April 2017	Lengkapi jurnal berkaitan tugas	HP
3	Jelasa/9 Mei 2017	Revisi batasan masalah	HP
4	Kamis/8 Juni 2017	Perbaiki foto pada Bab 2	HP
5	Rabu/28 Juni 2017	Lengkapi rumus-rumus di Bab 2 dan Perbaiki Tawaran	HP
6	Kamis/10 Agustus 2017	Lengkapi gambar dan Perbaiki Tawaran Bab 3	HP
7	Rabu/20 September 2017	Perbaiki lagi pada Bab 4	HP
8	Rabu/10 Okt 2017	Revisi judul dan perbaikan	HP
9	Senin/4 Des 2017	Perbaiki dan lengkapi data	HP
10	Rabu/23 Des 2017	ACC Seminar	HP

**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2017 – 2018**

Peserta Seminar
 Nama : Bambang Pranoto
 NPM : 1307230091
 Judul Tugas Akhir : Analisa Numerik Die Ekstrusi Dingin Pada Pembentukan Benda Kerja Berbentuk Silinder.

DAFTAR HADIR	TANDA TANGAN
Pembimbing – I : Rahmad K.Simanjuntak.S.T.M.T	:
Pembimbing – II : H.Muharnif.S.T.M.Sc	:
Pemanding – I : DR.Rakhmad Arief Srg.M.Eng	:
Pemanding – II : Chandra A Siregar.S.T.M.T	:

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1307230230	AHMAD FAIZA SIREGAR	
2	1307230233	Mauli .A. Situmeang	
3	1307230226	IWAN ENKA RYANTO	
4	1307230229	Akbar Kelana	
5	1307230181	Dwi septian	
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 02 Djm. Awal 1439 H
20 Januari 2018 M

Ketua Prodi. T Mesin



Affandi.S.T

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

NAMA : Bambang Pranoto
NPM : 1307230091
Judul T.Akhir : Analisa Numerik Die Ekstrusi Dingin Pada Pembentukan Benda Kerja berbentuk Silinder.

Dosen Pembimbing - I : Rahmad K Simanjuntak.S.T.M.T
Dosen Pembimbing - II : H.Muharnif.S.T.M.Sc
Dosen Pembanding - I : DR.Rakhmad Arief Siregar.M.Eng
Dosen Pembanding - II : Chandra A Siregar.S.T.M.T

KEPUTUSAN

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

lihat petunjuk sidang

3. Harus mengikuti seminar kembali
- Perbaikan :

Medan 02 Djum.Awal 1439H
20 Januari 2018 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin



Afandi.S.T

Dosen Pembanding- I

DR.Rakhmad Arief Srg M.Eng

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

NAMA : Bambang Pranoto
NPM : 1307230091
Judul T.Akhir : Analisa Numerik Die Ekstrusi Dingin Pada Pembentukan Benda Kerja berbentuk Silinder.

Dosen Pembimbing – I : Rahmad K Simanjuntak.S.T.M.T
Dosen Pembimbing – II : H.Muharnif.S.T.M.Sc
Dosen Pembanding - I : DR.Rakhmad Arief Siregar.M.Eng
Dosen Pembanding - II : Chandra A Siregar.S.T.M.T

KEPUTUSAN

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

lihat buku Skripsi

3. Harus mengikuti seminar kembali
- Perbaikan :

Medan 02 Djum.Awal 1439H
20 Januari 2018 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin



Affandi.S.T
Affandi.S.T

Dosen Pembanding- II

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

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS SARJANA

Saya yang bertanda tangan dibawah ini.:

Nama : Bambang Pranoto
Tempat/Tgl Lahir : Tebing Linggahara, 21 April 1995
NPM : 1307230091
Bidang Keahlian : Konstruksi Dan Manufaktur
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
(UMSU)

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas sarjana (skripsi) saya ini yang berjudul :

ANALISA NUMERIK DIE EKSTRUSI DINGIN PADA PEMBENTUKAN BENDA KERJA BERBENTUK SILINDER.

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

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh tim Fakultas yang dibentuk untuk 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, Maret 2018
Saya yang menyatakan,



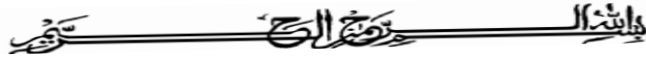
BAMBANG PRANOTO

ABSTRAK

Analisa numerik die ekstrusi dingin merupakan suatu rancangan atau penelitian untuk mengetahui hasil dari ekstrusi dingin serta mencari titik regangan ataupun tegangan pada suatu benda kerja dan cetakan die ekstrusi dingin dengan bentuk hasil berbentuk silinder menggunakan benda kerja uji aluminium dan cetakan berbahan baja karbon S45C. Tujuan dari penelitian ini melakukan analisis numerik untuk mengetahui hasil ekstrusi dingin dan mencari regangan ataupun tegangan pada benda kerja dan cetakan atau die. Hasil yang didapat dari simulasi ekstrusi dingin ialah dengan mensimulasikan pengaruh suatu spesimen pada saat ekstrusi dingin dengan mengetahui hasil akhir spesimen dan die saat di ekstrusi. Dalam pengaruh saat di ekstrusi dapat diketahui bahwa pengaruh lebih besar terjadi pada cetakan atau die. Dapat diketahui bahwa aluminium dengan diameter awal 41 mm saat ekstrusi dingin menggunakan gaya dorong 50 kN atau 50000 N dan hasilnya menjadi lebih kecil menjadi diameter akhir 40 mm.

Kata kunci : Ekstrusi Dingin, Analisa Numerik, Ansys Workbench 15

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatu

Puji syukur penulis ucapkan kehadirat ALLAH SWT, atas segala rahmat, hidayah, nikmat, serta karunia-Nya, sehingga dengan izin-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Sarjana yang berjudul “ ANALISA NUMERIK DIE EKSTRUSI DINGIN PADA PEMBENTUKAN BENDA KERJA BERBENTUK SILINDER ”, sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik S-1, pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Adapun Tugas Sarjana ini tidak luput dari bantuan dan bimbingan serta dorongan dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung, dengan segenap kerendahan hati penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada :

1. Kedua Orang Tua Yang Tersayang, Alm.Ayahanda Ridi dan Ibunda Paini yang selalu memberikan doa, kasih sayang dan dukungan terus menerus baik moril maupun materil.
2. Bapak H. Muharnif M, S.T.,M.Sc selaku Dosen Pembimbing I, dan Bapak Bekti Suroso, S.T.,M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II.
3. Alm.Bapak Rahmat Kartolo Simanjuntak, S.T.,M.T yang telah memberikan dukungan, semangat dan Mengantarkan saya sampai kegelar Sarjana Teknik
4. Bapak Dr. Eng Rakhmad Arief Siregar selaku Dosen Penguji I, dan Bapak Chandra A. Siregar, S.T.,M.T. selaku Dosen Penguji II.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T.,M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Dr. Ade Faisal, S.T.,M.Sc. selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Bapak Khairul Umurani, S.T.,M.T. selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Bapak Affandi, S.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Mesin dan Staf Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

10. Kepada Yang Tersayang Calon Pendamping Hidup Saya Sonya Kumalasari, Amd.Keb yang telah memberikan semangat support dan canda tawa sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
11. Kepada Teman – Teman satu group perjuangan skripsi Mora Katili Sitohang, Ahmad Faika Siregar yang selalu senantiasa memberikan dukungan dan semangat dalam tugas akhir ini.
12. Kepada Sahabat – Sahabat saya Muhammad Rizal Lubis, Ilham Kamaluddin, Jumadi, M.Iqbal Yayang Saraan, Roy Chartin Samosir, Abdul Rahman, Risky Angga Pratama, Hermansyah Hasibuan, Bayu Mandala, yang telah member dukungan dan semangat dan doa yang tulus kepada penulis.
13. Kepada Teman – Teman seperjuangan kelas B1 pagi 2013 yang telah member motivasi dan semangat kepada penulis sampai selesainya skripsi ini.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga Tugas Sarjana ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca serta dapat menjadi referensi untuk selanjutnya.

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatu.

Medan, Januari 2018

BAMBANG PRANOTO

1307230091

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN I	
LEMBAR PENGESAHAN II	
LEMBAR SPESIFIKASI TUGAS SARJANA	
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR NOTASI	viii
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penulisan	2
1.5 Manfaat Penulisan	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Proses Ekstrusi	5
2.1.1 Ekstrusi Langsung	6
2.1.2 Ekstrusi Tidak Langsung	6
2.2 Teori Ekstrusi Dingin	8
2.3 Prinsip Ekstrusi Dingin	9
2.4 Menentukan <i>Die</i> Ekstrusi	9
2.5 Bahan Baja	9
2.5.1 Struktur Baja	11
2.5.2 Klasifikasi Baja	12
2.5.3 Jenis – Jenis Baja	14
2.6 Material Ekstrusi Dingin	16
2.7 Teori Analisa Numerik	18
2.8 Proses Pengujian Ekstrusi Dingin	20
2.9 Menganalisa <i>Die</i> Ekstrusi Dingin	20
2.10 <i>FEM (Finite Elements Method)</i>	21
BAB 3. METODE PENELITIAN	
3.1 Tempat dan Waktu	23
3.1.1 Tempat	23
3.1.2 Waktu	23
3.2 Alat Dan Bahan Penelitian	24
3.3 Diagram alir	25
3.4 Tahap Mendesain <i>Die</i>	26
3.5 Tahapan Menggunakan Ansys	29

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Rencana Percobaan	35
4.2 Konsep Gambar Spesimen Bahan Uji	36
4.3 Hasil Konsep Simulasi Ekstrusi Dingin	36
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	43
5.2 Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 :	Standar Baja	10
Tabel 3.1 :	Timeline Kegiatan	23

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 :	Ekstrusi Langsung	6
Gambar 2.2 :	Ekstrusi Tidak Langsung	7
Gambar 3.1 :	Diagram alir	25
Gambar 3.2 :	Tampilan Layar Komputer	26
Gambar 3.3 :	Tampilan Awal Catia	26
Gambar 3.4 :	Menampilkan Sketsa Gambar	27
Gambar 3.5 :	Menampilkan Gambar Solid	27
Gambar 3.6 :	Tampilan Bentuk Potongan Cetakan	28
Gambar 3.7 :	Tampilan Solid Bahan Uji	28
Gambar 3.8 :	Tampilan Awal Workbench 15	29
Gambar 3.9 :	Outline Of General Materials	29
Gambar 3.10:	Tampilan Geometri	30
Gambar 3.11:	Geometri Selesai Diimport	30
Gambar 3.12:	Tampilan Jendela Kerja Model	31
Gambar 3.13:	Tampilan Benda Kerja Dan Cetakan	31
Gambar 3.14:	Hubungan Antara Benda Kerja Dan Cetakan	32
Gambar 3.15:	Body Sizing	32
Gambar 3.16:	Hasil Mesh	33
Gambar 3.17:	Posisi Gaya Dorong Pada Benda Uji	33
Gambar 3.18:	Displacement Benda Kerja	34
Gambar 3.19:	Proses Hasil Analisa	34
Gambar 4.1:	Konsep Ekstrusi Dingin Berbentuk Silinder	35
Gambar 4.2:	Konsep Spesimen Uji	36
Gambar 4.3:	Gaya Dorong Benda Uji	37
Gambar 4.4:	Hasil Ekstrusi	37
Gambar 4.5:	Regangan Pada Bahan Uji	38
Gambar 4.6:	Tegangan Pada Bahan Uji	39
Gambar 4.7:	Regangan Pada Cetakan	40
Gambar 4.8:	Tegangan Cetakan	41

DAFTAR NOTASI

Notasi		Satuan
P	= Tekanan	(N/m ²)
F	= Gaya	(N)
A	= Luas Alas/Penampang	(cm ²)
v	= Kecepatan Ram	(m/s)
A _o	= Luas Penampang Bilet	

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada saat ini ekstrusi merupakan salah satu proses yang banyak digunakan dalam proses manufaktur. Dimana aplikasinya sangat luas seperti dijumpai pada aplikasi-aplikasi struktur, komponen-komponen mobil, sampai dengan proses pembentukan pada komponen-komponen yang sangat kecil. Ekstrusi merupakan proses manufaktur dengan penekanan pada material sampai terjadi deformasi plastis sehingga terbentuk komponen sesuai dengan bentuk yang telah didesain. Dua buah dasar ekstrusi adalah ekstrusi langsung dan ekstrusi tak langsung blok dinamakan juga ekstrusi balik. Suatu pelat tekanan, diletakkan pada ujung penekan bersentuhan dengan bilet. Cetakan terdapat pada penekan berongga, sementara ujung wadah yang lain ditutup dengan pelat. Seringkali, untuk ekstrusi tak langsung penekan dengan cetakan diam dan yang bergerak adalah wadah dan bilet. Karena pada ekstrusi tak langsung tidak ada gerakan relatif antara dinding wadah dan bilet, gaya geseknya rendah dan daya yang dibutuhkan lebih kecil dibandingkan dengan ekstrusi langsung.

Dalam ekstrusi dingin, sebuah pukulan memberikan tekanan pada potongan logam dan menyebabkannya mengalir secara terkendali ke arah yang diperlukan. Akan tetapi ekstrusi dingin mungkin dilakukan pada berbagai jenis logam dan telah menjadi komersial yang penting. Proses ekstrusi dingin dapat dilaksanakan terhadap beberapa macam logam lunak untuk membuat bentuk-bentuk tertentu.

Metode ini lebih ekonomis dibanding ekstrusi panas karena tidak membutuhkan panas untuk melelehkan logam kerja.

1.2. Rumusan Masalah

Mensimulasikan hasil rancangan *die* ekstrusi dingin pada pembentukan benda kerja yang berbentuk silinder, untuk mengetahui besarnya pengaruh *die* ekstrusi dingin pada saat pengujian yang membentuk silinder menggunakan software.

1.3. Batasan Masalah

Dalam Analisa Numerik *Die* Ekstrusi Dingin ini dibatasi oleh beberapa hal yang berguna untuk menghindari pembahasan yang tidak terarah, agar dalam pemecahan permasalahan dapat dengan mudah dan segera dilaksanakan mengingat keterbatasan waktu, kemampuan dan pengalaman penulis. Adapun batasan masalah dalam penyelesaian tugas sarjana ini, adalah:

1. Mensimulasikan hasil rancangan *die* dengan menggunakan software
2. Mengetahui regangan dan tegangan pada benda kerja dan cetakan pada saat ekstrusi dingin menggunakan software

1.4. Tujuan Penulisan

Tujuan Umum :

Adapun tujuan penulisan analisa numerik *die* ekstrusi dingin adalah untuk mengetahui hasil *die* ekstrusi yang terjadi pada pengujian *die* ekstrusi dingin.

Tujuan Khusus :

1. Untuk mengetahui regangan dan tegangan pada benda kerja
2. Untuk mengetahui regangan dan regangan pada cetakan

1.5. MANFAAT PENULISAN

Manfaat yang diharapkan dari penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Mampu memberikan kontribusi dalam pengembangan *die* ekstrusi dingin dalam dunia industri.
2. Manfaat bagi mahasiswa adalah sebagai referensi untuk membuat tugas yang berhubungan dengan analisis numerik.
3. Sebagai bahan perbandingan dan pembelajaran antara teori yang diperoleh dibangku perkuliahan dengan yang ada dilapangan.

1.6. SISTEMATIS PENULISAN

Untuk lebih terarahnya penulisan ini dan untuk menghindari agar tidak terjadi pembahasan yang berulang serta untuk mempermudah pembaca dalam memahami, maka disusun sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dibahas tentang Latar Belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penulisan, manfaat penulisan,

sistematika penulisan dari analisa numerik *die* ekstrusi dingin berbentuk silinder.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini menguraikan secara umum tentang teori pendukung dalam menganalisa numerik *die* ekstrusi dingin yang berbentuk silinder.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Pada bab ini akan dibahas secara terperinci mengenai alat dan bahan analisa numeric die ekstrusi dingin pada pembentukan benda kerja berbentuk silinder serta tahapan mensimulasi hasil rancangan die ekstrusi dingin.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas Hasil dan Pembahasan mengenai hasil simulasi pada rancangan die ekstrusi dingin.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisikan mengenai garis besar kesimpulan dari analisa numerik die ekstrusi dingin berbentuk silinder dan berisikan tentang saran.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

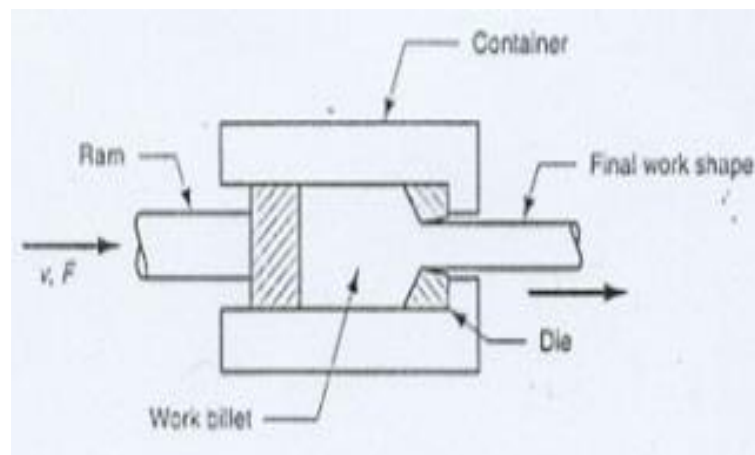
2.1. Proses Ekstrusi

Proses ekstrusi ialah menekan keluar dimana proses pembentukan dengan cara mendorong material untuk mengalir melalui *die* terbuka. Secara umum ekstrusi di gunakan untuk menghasilkan batang silinder atau batang berongga dan juga bentuk-bentuk penampang yang tidak teratur juga dapat dihasilkan dengan menggunakan logam yang mudah di ekstrusi, misalnya aluminium. Karena pada ekstrusi dibutuhkan gaya yang besar, sebagian besar logam di ekstrusi dalam keadaan panas, di mana tahanan deformasi logam rendah. Akan tetapi ekstrusi dingin mungkin dilakukan pada berbagai jenis logam dan telah menjadi komersial yang penting. Reaksi billet ekstrusi dengan wadah dan cetakan menghasilkan tegangan konfresi tinggi yang efektif untuk mengurangi retak bahan yang terjadi pada pembentukan pertama dari ingot. Ini merupakan alasan utama bertambahnya pemanfaatan ekstrusi untuk logam yang sulit di bentuk, seperti baja tahan karat, paduan-paduan nikel dan bahan-bahan suhu tinggi lainnya. Keuntungan dari proses ekstrusi adalah bisa membuat benda dengan penampang yang rumit, bisa memproses bahan yang rapuh karena pada proses ekstrusi hanya bekerja tegangan tekan, sedangkan tegangan tarik tidak ada sama sekali. Aluminium, tembaga, kuningan, baja dan plastik adalah contoh bahan yang paling banyak diproses dengan ekstrusi. Dalam proses ekstrusi, ada beberapa macam ekstrusi yaitu

ekstrusi langsung dan ekstrusi tidak langsung. Dalam ekstrusi langsung *container* tidak bergerak sedangkan ekstrusi tidak langsung yang bergerak adalah *container*.

2.1.1. Ekstrusi Langsung

Dalam ekstrusi langsung, benda yang akan di ekstrusi dipasangkan ke dalam *container die* kemudian ram di tekan dengan gaya tertentu, sehingga benda kerja mengalir melalui *die* yang diletakkan diujung *container*. Pada saat ram telah mencapai cetakan, sebagian kecil dari benda kerja masih tersisa dalam *container*. Sisa benda kerja disebut *butt*. Seperti yang terlihat pada gambar 2.1 dibawah ini :

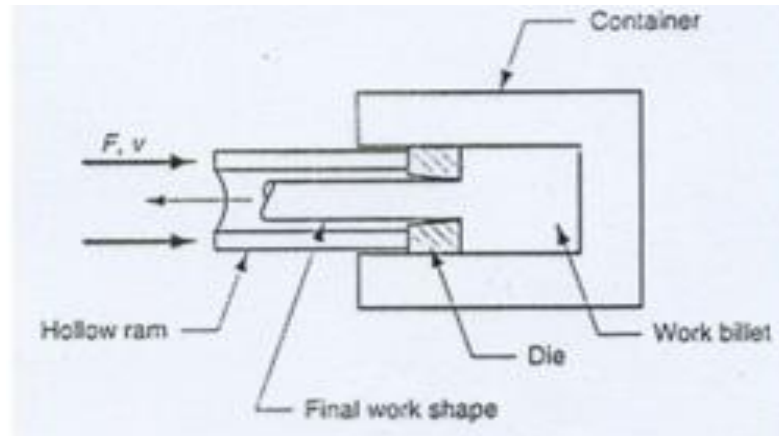


Gambar 2.1 Ekstrusi Langsung

2.1.2. Ekstrusi Tidak Langsung

Dalam proses ekstrusi tidak langsung, sebuah *container die* digerakkan ke arah benda kerja yang tidak bergerak. Teknik ini adalah kebalikan dari proses ekstrusi langsung. Proses ini memerlukan gaya yang lebih kecil dibandingkan

dengan ekstrusi langsung karena lebih sedikit gesekan yang terjadi. Seperti yang terlihat pada gambar 2.2 dibawah ini :



Gambar 2.2 Ekstrusi Tidak Langsung

Adapun keuntungan dan kelemahan ekstrusi :

Keuntungan ekstrusi:

- Dapat menghasilkan berbagai bentuk penampang
- Khusus untuk ekstrusi dingin, dapat dihasilkan toleransi yang presisi
- Pada ekstrusi, sisa material yang terbuang tidak banyak bisa juga tidak ada sama sekali

Kelemahan Extrusi :

- Permukaan benda kerja retak
- Ram kurang kokoh bila benda kerja terlalu panjang

2.2. Teori Ekstrusi Dingin

Ekstrusi dingin digunakan untuk menghasilkan produk-produk tertentu, misalnya tutup botol dan tutup pasta gigi, pada umumnya untuk pembentukan akhir atau mendekati akhir pembentukan. Ekstrusi dingin dilakukan pada suhu kamar/ruangan. Keuntungannya jika dibandingkan dengan ekstrusi panas adalah kurangnya oksidasi, kekuatan yang lebih tinggi karena pengerjaan dilakukan pada suhu dingin, permukaan akhir yang dihasilkan baik, dan kecepatan ekstrusi cepat jika bahan dikenakan tekanan panas (*hot shortness*). Bahan yang umumnya digunakan pada ekstrusi dingin meliputi: timbal, timah, aluminium, tembaga, zirkonium, titanium, molybdenum, berilium, vanadium, niobium, dan baja. Contoh produk yang dihasilkan oleh proses ini adalah: alat pada proses pemadaman kebakaran, shock absorber silinder, dan piston otomotif. Ekstrusi dingin sendiri mempunyai beberapa keuntungan seperti:

- Meningkatkan hasil mekanik ekstrusi dari pengerjaan kekerasan.
- Kontrol toleransi yang baik, dengan demikian sedikit hal yang dilakukan untuk finishing.
- Meningkatkan hasil permukaan akhir.
- Angka produksi dan harga kompetitif dengan menggunakan metode ekstrusi dingin dibandingkan menggunakan metode lain.
- Tingkat stressing (tegangan) pada peralatan yang dihasilkan dengan menggunakan metode ini adalah sangat tinggi.

2.3. Prinsip Ekstrusi Dingin

Ekstrusi dingin disini tidak menggunakan metode pemanasan seperti halnya ekstrusi panas, tetapi hanya menggunakan temperatur ruang untuk membentuk material menjadi bentuk yang diinginkan, Biasanya ekstrusi dengan ini digunakan untuk membuat peralatan atau komponen utama mobil, sepeda motor, dan juga untuk kebutuhan alat alat pertanian.

2.4. Menentukan *die* ekstrusi

Die secara luas dikelompokkan sebagai benda padat (atau datar), yang menghasilkan bentuk padat dan berlubang. Kombinasi bentuk padat dan berongga dapat digabungkan menjadi satu *die*. *Die* mungkin memiliki satu atau lebih lubang. Beberapa lubang pada *die* tunggal menghasilkan beberapa ekstrusi dengan setiap tekanan. Ukuran *die* yang akan di ekstrusi membentuk profil berbentuk silinder dengan ukuran diameter keseluruhan *die* 75 mm, diameter dalam container 65 mm, tebal container 10 mm, diameter *die* 40 mm, tirus 164,02°.

2.5. Bahan Baja

Baja adalah logam paduan, logam besi sebagai unsur dasar dengan beberapa elemen lainnya, termasuk karbon. Kandungan unsur karbon dalam baja berkisar antara 0.2% hingga 2.1% berat sesuai grade-nya. Elemen berikut ini selalu ada dalam baja: karbon, mangan, fosfor, sulfur, silikon, dan sebagian kecil oksigen, nitrogen dan aluminium. Selain itu, ada elemen lain yang ditambahkan

untuk membedakan karakteristik antara beberapa jenis baja diantaranya: mangan, nikel, krom, molybdenum, boron, titanium, vanadium dan niobium. Dengan memvariasikan kandungan karbon dan unsur paduan lainnya, berbagai jenis kualitas baja bisa didapatkan. Fungsi karbon dalam baja adalah sebagai unsur peneras dengan mencegah dislokasi bergeser pada kisi kristal (crystal lattice) atom besi. Baja karbon ini dikenal sebagai baja hitam karena berwarna hitam, banyak digunakan untuk peralatan pertanian misalnya sabit dan cangkul. Penambahan kandungan karbon pada baja dapat meningkatkan kekerasan (hardness) dan kekuatan tariknya (tensile strength), namun di sisi lain membuatnya menjadi getas (brittle) serta menurunkan keuletannya (ductility). Baja yang dipakai untuk ekstrusi dingin adalah berasal dari **JIS** (*Japan Industrial Standar*), Standar Pengujian Material dari *Japan Industrial Standar* dengan kode standart Baja S45C, karena baja S45C memenuhi persyaratan yang lebih tinggi menyangkut struktur dan kecocokan untuk perlakuan dingin maupun panas dengan struktur baja yang tingkat kemurniannya lebih tinggi. Tabel standar baja dapat dilihat pada tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.1 Standar Baja

Nama	Standar Jepang (JIS)	Standar Amerika (AISI), Inggris (BS) dan Jerman (DIN)
Baja Karbon Konstruksi Mesin	S25C S30C S35C S40C S45C S50C S55C	AISI 1025, BS060A25 AISI 1030, BS060A30 AISI 1035, BS060A35, DIN C35 AISI 1040, BS060A40 AISI 1045, BS060A45, DIN C45,CK45 AISI 1050, BS060A50, DIN St 50,11 AISI 1055, BS060A55
Baja Tempa	SF 40, 45, 50, 55	ASTM A 105-73
Baja Nikel Khrom	SNC SNC 22	BS 653M31 BSEn36

2.5.1 Struktur Baja

Baja adalah seluruh macam besi yang dengan tidak dikerjakan terlebih dahulu lagi, sudah dapat di tempa. Baja adalah bahan yang serba kesamaannya tinggi, terdiri terutama dari Fe dalam bentuk kristal dan C. Pembuatannya dilakukan sebagai pembersihan dalam temperature yang tinggi dari besi mentah yang di dapat dari proses dapur tinggi. Baja adalah besi mentah tidak dapat ditempa.

1. Terdapat 3 macam besi mentah:

- a. Besi mentah putih
- b. Besi mentah kelabu
- c. Besi mentah bentuk antar

2. Proses pembuatan baja:

- a. Proses Bessemer
- b. Proses Thomas
- c. Proses martin
- d. Proses dengan dapur elektro
- e. Proses dengan mempergunakan kui
- f. Proses aduk (*proses puddle*).

3. Sifat-sifat umum dari baja :

Sifat-sifat dari baja yaitu teristimewa kelakuannya dalam berbagai macam keadaan pembebanan atau muatan terutama tergantung cara meleburnya.

- a. Macam dan banyaknya logam campuran
- b. Cara (proses) yang di gunakan waktu pembuatannya

- c. Dalam proses pembuatan baja maka logam campuran baja sebagian sudah ada dalam bahan mentah itu namun masih perlu di tambahkan pada waktu pembuatan baja seperti : C, Mn, Si termasuk bahan utama S dan P.
4. Sifat-sifat utama baja untuk dapat dipergunakan sebagai bahan bangunan
 - a. Keteguhan (*solidity*) artinya mempunyai ketahanan terhadap tarikan, tekanan atau lentur.
 - b. Elastisitas (*elasticity*) artinya kemampuan atau kesanggupan untuk dalam batas – batas pembenan tertentu, sesudah. Sesudahnya pembebanan ditiadakan kembali ke bentuk semula.
 - c. Kekenyalan atau keliatan (*tenacity*) artinya kemampuan atau kesanggupan untuk dapat menerima perubahan bentuk yang besar tanpa menderita kerugian – kerugian berupa cacat atau kerusakan yang terlihat dari luar dan dalam jangka waktu yang pendek.
 - d. Kemungkinan ditempa (*malleability*) sifat dalam keadaan merah pijar menjadi lembek dan plastis sehingga dapat dirubah bentuknya.
 - e. Kemungkinan dilas (*weldability*) artinya sifat dalam keadaan panas dapat digabungkan satu sama lain dengan memakai atau tidak memakai bahan tambahan, tanpa merugikan sifat–sifat ketangguhannya.
 - f. Kekerasan (*hardness*) kekuatan melawan terhadap masuknya benda.

2.5.2 Klasifikasi Baja

1. Menurut kekuatannya terdapat beberapa jenis baja, diantaranya: ST 37, ST 42, ST 50, dst. Standaard DIN (Jerman) St XX kekuatan dalam Kg/mm² *steel* (baja). Contoh: ST 37: baja dengan kekuatan 37 Kg/mm².

2. Menurut komposisinya,
 - a. Baja karbon rendah (*low carbon steel*): C~0,25 %
 - b. Baja karbon menengah (*medium carbon steel*): C=0,25% - 0,55%.
 - c. Baja karbon tinggi (*high carbon steel*): C>0,55%
 - d. Baja paduan rendah (*low alloy steel*): unsur paduan <10%
 - e. Baja paduan tinggi (*high alloy steel*): unsur paduan >10%
3. Menurut mikrostrukturnya:
 - a. Baja hipoeutektoik: ferit dan ferlit
 - b. Baja eutektoit: perlit
 - c. Baja bainit
 - d. Baja martensit
4. Menurut cara pembuatannya
 - a. Baja basemer
 - b. Baja siemen- martin
 - c. Baja listrik dan lain-lain
5. Menurut penggunaannya:
 - a. Baja konstruksi
 - b. Baja mesin
 - c. Baja pegas
 - d. Baja ketel
6. Menurut bentuknya
 - a. Baja pelat
 - b. Baja strip
 - c. Baja sheet

- d. Baja pipa
- e. Baja batang fropil

2.5.3 Jenis – jenis Baja

Baja secara umum dapat dikelompokkan atas 2 jenis yaitu:

- Baja karbon (*Carbon steel*)
- Baja paduan (*Alloy steel*)

Baja karbon dapat terdiri atas:

- a. Baja karbon rendah (*low carbon steel*) *Machine, machinery dan mild steel* (0,05% - 0,30% C). Sifatnya mudah ditempa dan mudah di mesin. Penggunaannya: 0,05% - 0,20% C : *automobile bodies, buildings, pipes, chains, rivets, screws, nails.* 0,20% - 0,30% C : *gear shaft, bolts, forgings, bridges, buildings*
- b. Baja karbon manengah (*medium carbon steel*) Kekuatan lebih tinggi dari pada baja karbon rendah. Sifatnya sulit untuk dibengkokkan, dilas, dipotong. Penggunaan: 0,30 % - 0,40 % C : *connecting rods, crank pins, axles.* 0,40 % - 0,50 % C : *car axles, crank shafts, rails, boilers, auger bits, screw drivers.* 0,50 % - 0,60 % C : *hammers dan sledges*
- c. Baja karbon tinggi (*high carbon steel*) Sifatnya sulit dibengkokkan, dilas dan dipotong. Kandungan 0,60 % - 1,50 % C.
- d. Baja paduan (*Alloy steel*)
- e. Baja paduan khusus (*special alloy steel*). Baja jenis ini mengandung satu atau lebih logam – logam seperti *nikel, chromium, magnesium, molybdenum, tungsten dan vadium.* Dengan menambahkan logam

tersebut ke dalam baja, maka baja paduan tersebut akan merubah sifat – sifat mekanik dan kimianya seperti lebih keras, kuat dan ulet bila dibandingkan terhadap baja karbon (*carbon steel*).

f. *High Speed Steel (HSS) Self Hardening Steel*

Kandungan karbon : 0,70 % - 1,50 %. Penggunaan membuat alat – alat potong seperti *drills, reamers, countersinks, lathe tool bits* dan *milling cutters*. Disebut *High Speed Steel* karena alat potong yang dibuat dengan material tersebut dapat dioperasikan dua kali lebih cepat dibanding dengan *carbon steel*. Sedangkan harga dari HSS besarnya dua sampai empat kali dari pada *carbon steel*. Jenis lainnya:

Baja dengan sifat fisik dan kimia khusus:

- Baja tahan garam (*acid-resisting steel*)
- Baja tahan panas (*heat resistant steel*)
- Baja tanpa sisik (*non scaling steel*)
- *Electric steel*
- *Magnetic steel*
- *Non magnetic steel*
- Baja tahan pakai (*wear resisting steel*)
- Baja tahan karat/korosi

Dengan mengkombinasikan dua klasifikasi baja menurut kegunaan dan komposisi kimia maka diperoleh lima kelompok baja yaitu:

- Baja karbon konstruksi (*carbon structural steel*)
- Baja karbon perkakas (*carbon tool steel*)
- Baja konstruksi (*Alloyed structural steel*)

- Baja paduan perkakas (*Alloyed tool steel*)
- Baja konstruksi paduan tinggi (*High alloy structural steel*)

2.6. Material Ekstrusi Dingin

- Aluminium adalah bahan yang paling umum diekstrusi. Aluminium bisa menjadi ekstrusi panas atau ekstrusi dingin . Jika ekstrusi panas, dipanaskan sampai 575-1100 °F (300 sampai 600 °C). Contoh produk termasuk profil untuk trek, frame, rel, mullions , dan heat sink .
- Tembaga (1100-1825 °F (6-100 °C)) pipa, kawat, batang kecil, batang, tabung, dan elektroda las. Seringkali lebih dari 100 ksi (690 MPa) diperlukan untuk menghilangkan tembaga.
- Timbal dan timah (maksimum 575 °F (300 °C)) pipa, kawat, tabung, dan selubung kabel. Molten timbal juga dapat digunakan pada billet di penekanan ekstrusi vertikal.
- Magnesium (575-1100 °F (300 sampai 600 °C)) suku cadang pesawat dan bagian industri nuklir. Magnesium adalah sebagai extrudable atau aluminium.
- Seng (400-650 °F (200 sampai 350 °C)) batang kecil, batang, tabung, komponen perangkat keras, fitting, dan handrails.
- Baja (1825-2375 °F (1000-1300 °C)) batang dan trek. Biasanya baja karbon polos diekstrusi, tapi paduan baja dan stainless steel juga bisa diekstrusi.
- Titanium (1100-1825 °F (6-100 °C)) komponen pesawat, termasuk trek kursi, cincin mesin, dan bagian struktural lainnya.

- Teflon adalah nama dagang dari sebuah senyawa polimer yang diciptakan oleh Roy J. Plunkett (1910–1994) di DuPont pada tahun 1938 dan diperkenalkan sebagai produk yang dikomersialkan pada tahun 1946. Senyawa ini merupakan fluoropolimer termoplastik. Teflon disebut juga Politetrafluoroetilena (PTFE) atau polimer etilena fluorin. "Teflon" juga digunakan sebagai merek dagang polimer yang memiliki sifat serupa yaitu resin polimer perfluoroalkoksi (PFA). PTFE memiliki koefisien gesek terendah dari berbagai bahan padat yang biasa digunakan. PTFE digunakan sebagai pelapis antilengket untuk panci, wajan, dan peralatan memasak lainnya. PTFE sangat tidak reaktif, dan sering digunakan sebagai bahan wadah dan pipa untuk bahan kimia yang reaktif. Titik lelehnya bervariasi antara 260 °C (FEP) dan 327 °C (PTFE), tergantung dari polimer Teflon tertentu.
- Timah (atau timah putih) adalah sebuah unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki simbol Sn (bahasa Latin: *stannum*) dan nomor atom 50. Timah termasuk logam pasca-transisi di kelompok 14 dalam tabel periodik. Timah menunjukkan kemiripan kimia dengan Germanium dan Timbal yang juga berada di kelompok 14 dan memiliki dua kemungkinan bilangan oksidasi, +2 dan +4 yang sedikit lebih stabil. Timah adalah elemen ke 49 yang paling melimpah di bumi, memiliki 10 isotop stabil, jumlah terbesar dalam tabel periodik.
- Plastik Sectional melihat dari ekstruder plastik menunjukkan komponen Plastik ekstrusi biasanya menggunakan chip plastik atau pelet, yang biasanya dikeringkan dalam gerbong sebelum menuju ke feed sekrup.

Resin polimer dipanaskan sampai cair dengan kombinasi elemen pemanas dan pemanasan geser dari sekrup ekstrusi. sekrup kumpulan resin melalui die, membentuk resin ke dalam bentuk yang diinginkan. ekstrudat ini didinginkan dan dipadatkan kemudian ditarik melalui tangki die atau tangki air. Dalam beberapa kasus ekstrudat ditarik melalui die sangat panjang, dalam proses yang disebut pultrusion. Sejumlah besar polimer yang digunakan dalam produksi tabung plastik, pipa, batang, rel, segel, dan lembaran atau film.

- Keramik juga dapat dibentuk menjadi bentuk melalui ekstrusi. Terracotta ekstrusi digunakan untuk memproduksi pipa. bata modern Banyak juga diproduksi menggunakan proses ekstrusi bata.

2.7. Teori Analisa Numerik

Analisis numerik adalah studi algoritme untuk memecahkan masalah dalam *matematika kontinu* (sebagaimana dibedakan dengan matematika diskret). Sebelum munculnya komputer modern metode numerik kerap kali tergantung pada interpolasi menggunakan pada tabel besar yang dicetak. Sejak pertengahan abad ke-20, sebagai gantinya, komputer menghitung fungsi yang diperlukan. Namun algoritme interpolasi mungkin masih digunakan sebagai bagian dari peranti lunak untuk memecahkan persamaan diferensial. Analisis numerik secara alami diterapkan di semua bidang rekayasa dan ilmu-ilmu fisis, namun pada abad ke-21, ilmu-ilmu hayati dan seni mulai mengadopsi unsur-unsur komputasi ilmiah. Persamaan diferensial biasa muncul dalam pergerakan benda langit

(planet, bintang dan galaksi. Optimisasi muncul dalam pengelolaan portofolio. Aljabar linear numerik sangat penting dalam psikologi kuantitatif.

Numerik merupakan teknik-teknik yang digunakan untuk dapat memformulasikan masalah matematis supaya dapat dipecahkan dengan operasi perhitungan. Metode Numerik tersebut penting disebabkan karna mengajarkan untuk dapat memecahkan suatu kasus dengan memakai berbagai cara serta permodelan. Terlebih, dalam mata kuliah ini juga mengharuskan untuk dapat cekatan serta aktif dalam memaksimalkan teknologi. berikut ini termasuk program paket numerik, misalnya Matlab, Maple, dan lain sebagainya yang digunakan untuk dapat menyelesaikan masalah matematika dengan metode numerik itu dibuat oleh orang yang memiliki dasar-dasar teori metode numerik. Sebelum komputer digunakan untuk dapat penyelesaian komputasi, beberapa metode sudah dilakukan, namun tetapi masih memiliki kendala-kendala. Metode yang digunakan antara lain ialah sebagai berikut:

- Metode Analitik, solusi ini sangat berguna namun terbatas pada masalah sederhana. Sedangkan masalah real yang kompleks dan nonlinier tidak dapat diselesaikan.
- Metode Grafik, metode ini digunakan sebagai pendekatan penyelesaian yang kompleks. Kendalanya bahwa metode ini tidak akurat, sangat lama, dan banyak membutuhkan waktu.
- Kalkulator dan Slide Rules, penyelesaian numerik secara manual. Cara ini cukup lama dan mungkin bisa terjadi kesalahan pemasukan data. kenapa harus menggunakan metode numerik , karena :

- Kesulitan untuk dapat mencari solusi exact dengan jumlah data yang cukup besar
- Metode analitik tersebut terkadang sulit untuk diterjemahkan ke dalam algoritma
- Memahami cara dalam penyelesaian suatu masalah dari program aplikasi numerik komersil yang beredar.
- Dapat membuat program sendiri untuk persoalan khusus

2.8. Proses pengujian ekstrusi dingin

Hal yang harus diketahui saat pengujian ialah :

- Mengetahui suhu ruangan
- Mengetahui metode penekanan
- Mengetahui langkah-langkah ekstrusi
- Mengetahui daya tekanan saat ekstrusi

2.9. Menganalisa die ekstrusi dingin

Pada saat pengujian ekstrusi dingin (ekstrusi langsung), adanya gesekan antara dinding kontainer dengan permukaan billet yang menyebabkan tekanan ram lebih besar daripada ekstrusi tidak langsung. Gaya dalam pengertian ilmu fisika adalah sesuatu yang menyebabkan perubahan keadaan benda. Gaya yang terjadi dapat dituliskan sebagai berikut :

Jika sebuah benda yang berada diatas bidang datar diberi sebuah gaya tekan yang arahnya kebawah dan tegak lurus terhadap bidang, maka besar gaya normal yang di alaminya.

$$P = \frac{F}{A} \quad (2.1)$$

Untuk mencari kekuatan bahan *die* dapat di hitung menggunakan :

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

Sebagai catatan, selama proses berlangsung tekanan ram (p) akan berkurang sesuai dengan sisa panjang bilet yang diekstrusi (L). Gaya ekstrusi baik untuk ekstrusi langsung maupun ekstrusi tidak langsung dapat dihitung sebagai perkalian antara tekanan ram (p) dengan luas penampang bilet (A_o).

$$F = pA_o \quad (2.3)$$

Daya yang dibutuhkan untuk melaksanakan operasi ekstrusi dapat di ketahui melalui persamaan 2.4 :

$$F = Fv \quad (2.4)$$

2.10 FEM (Finite Elements Method)

Persoalan perancangan dapat diselesaikan dengan cara matematis dan numerik. Untuk benda-benda yang mempunyai bentuk yang tidak teratur (elemen *-isoparametrik*), penyelesaiannya akan sulit menggunakan cara matematis. Sehingga perlu digunakan cara numerik, yang dalam perkembangannya disebut sebagai Metode Elemen Hingga (*Finite Elements Method*). Bila suatu kontineu dibagi-bagi menjadi beberapa bagian yang lebih kecil (*subregion*) maka bagian-bagian kecil ini disebut elemen hingga. Proses pembagian suatu kontineu menjadi

elemen hingga ini dikenal sebagai proses pembagian (*deskritisasi*), sehingga elemen hingga merupakan pendekatan bagian demi bagian dengan menggunakan polinomial yang masing-masing terdefinisi pada daerah elemen yang kecil dinyatakan dalam harga-harga titik simpul dari fungsi tersebut (Robert D.Cook, 1990).

Dinamika elemen hingga karena ukuran elemen kecil ini berhingga dan umumnya mempunyai bentuk geometri yang lebih sederhana dibandingkan kontinuenya. Metode ini menjadi suatu solusi permasalahan yang sering dijumpai dalam dunia teknik seperti pemindahan kalor, mekanika fluida, analisa struktur, mekanika benda pejal, sampai dengan getaran. Tujuan utama analisis dengan menggunakan Metode Elemen Hingga adalah untuk memperoleh pendekatan tegangan dan perpindahan yang terjadi pada suatu struktur *Ansys* merupakan tujuan utama dari paket pemodelan elemen hingga untuk secara numerik memecahkan masalah mekanis yang berbagai macam. Masalah yang ada termasuk analisa struktur statis dan dinamis (baik *linier* dan *non-linier*), distribusi panas dan masalah cairan, begitu juga dengan ilmu bunyi dan masalah *elektromagnetik*.

BAB 3

METODE DAN PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1. Tempat

Adapun tempat dilakukannya studi numerik untuk *die* ekstrusi dingin menggunakan *software catia V5R19* dengan menganalisa menggunakan *software ansys 15* di lakukan di laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.1.2. Waktu

Pengerjaan studi numerik ini di laksanakan setelah mendapat persetujuan dari dosen pembimbing.

Tabel 3.1: Timeline Kegiatan

No	KEGIATAN	BULAN							
		III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
1	STUDI LITERATUR	■	■						
2	MENENTUKAN UKURAN DIE		■	■	■				
3	DESAIN DIE			■	■				
4	PEMBUATAN DIE			■	■				
5	MENENTUKAN MATERIAL UJI				■	■			
6	MENSIMULASIKAN EKSTRUSI					■	■		
7	PENYIMPULAN HASIL SIMULASI						■		
8	PENYELESAIAN SKRIPSI							■	

3.2 Alat Dan Bahan Penelitian

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam studi numeric ini adalah :

3.2.1. Laptop

Spesifikasi laptop yang digunakan dalam studi numeric ini adalah sebagai berikut :

1. Processor : Intel(R) Core(TM) i3-4005 CPU 1.70 GHz
2. RAM : 2.00 GB
3. Operation system : windows 7 pro 64 bit operation system

3.2.2. Software Catia

Software catia yang sudah terinstal pada laptop adalah catia V5R19 64 bit yang di dalamnya terdapat skech gambar 3D adalah sebagai berikut :

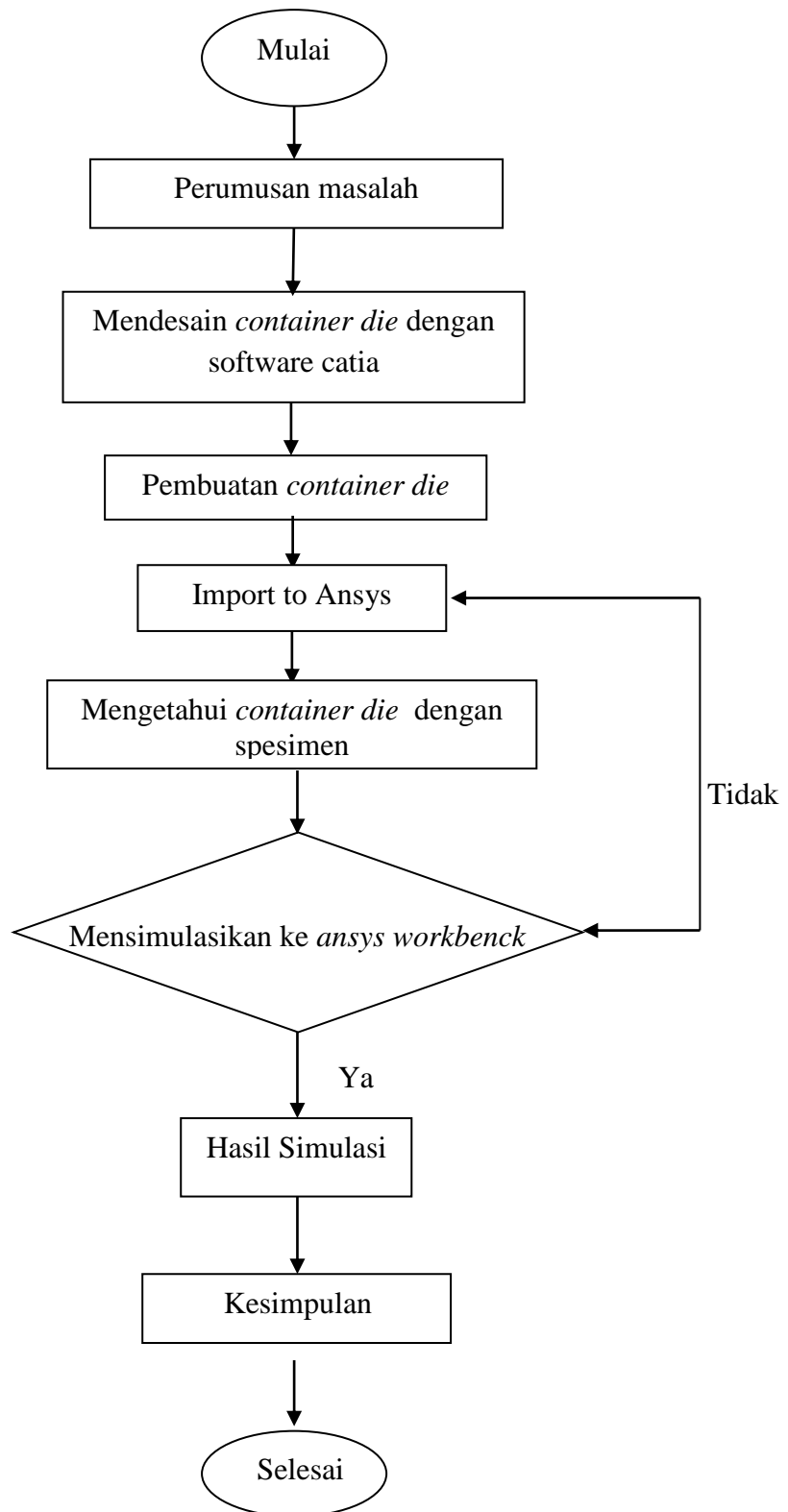
1. Processor : AMD with Radeon Support 64 bit Operation system.
2. RAM : 2 GB or More.
3. Disk Space : 5 GB or More.

3.2.3. Software Ansys

Software ansys yang sudah terinstal pada laptop adalah Ansys 2015 Dengan persyaratan system pada computer adalah sebagai berikut :

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

3.3 Diagram alir

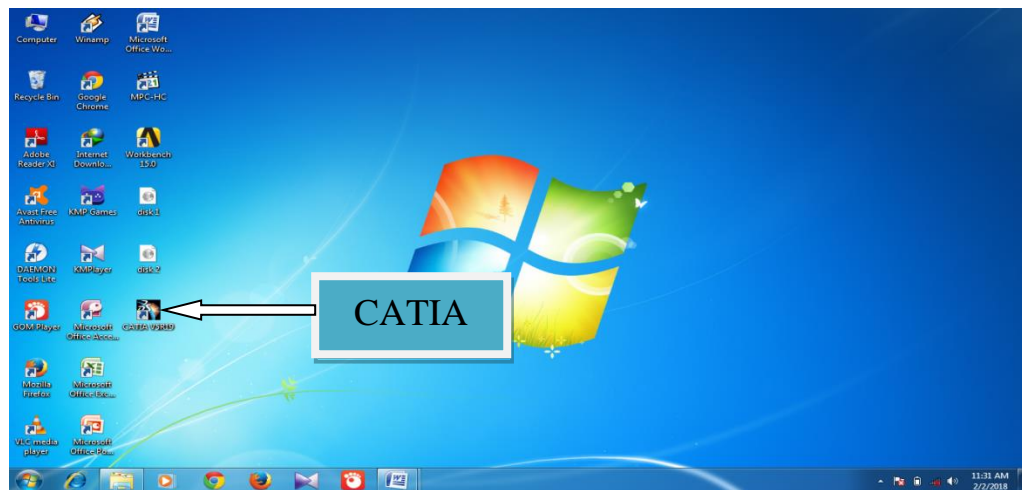


Gambar 3.1 Diagram alir

3.4 Tahap Mendesain *Die*

3.4.1. Menyalakan Komputer Dan Memilih Software Catia

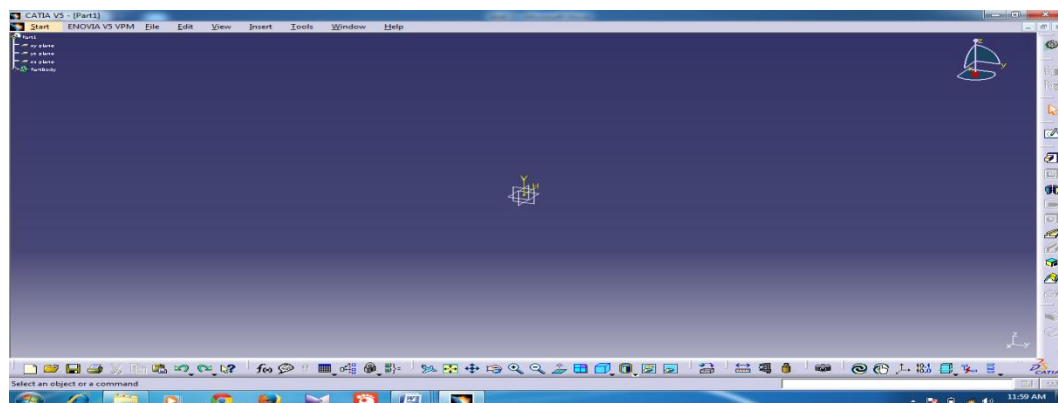
Sebelum memulai proses menggambar bahwasanya Software Catia V5R19 telah terinstal dikomputer atau laptop dan siap digunakan.



Gambar 3.2 Tampilan Layar Komputer

3.4.2. Tampilan Awal Catia

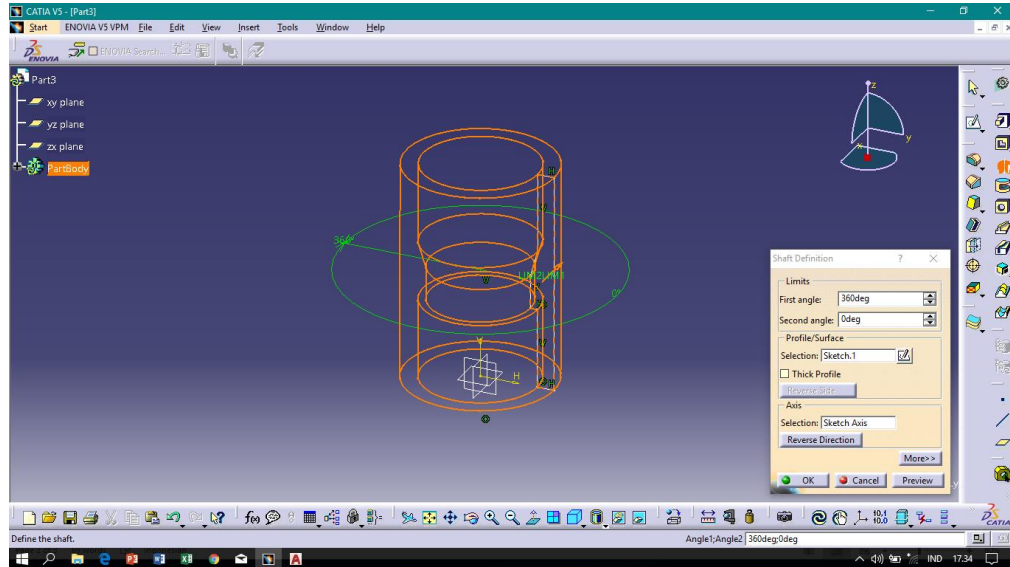
Pada tampilan ini kita pilih tool bar start – mechanical design – part design maka akan muncul gambar new part lalu tekan OK.



Gambar 3.3 Tampilan Awal Catia

3.4.3. Membuat Sketsa Container Die

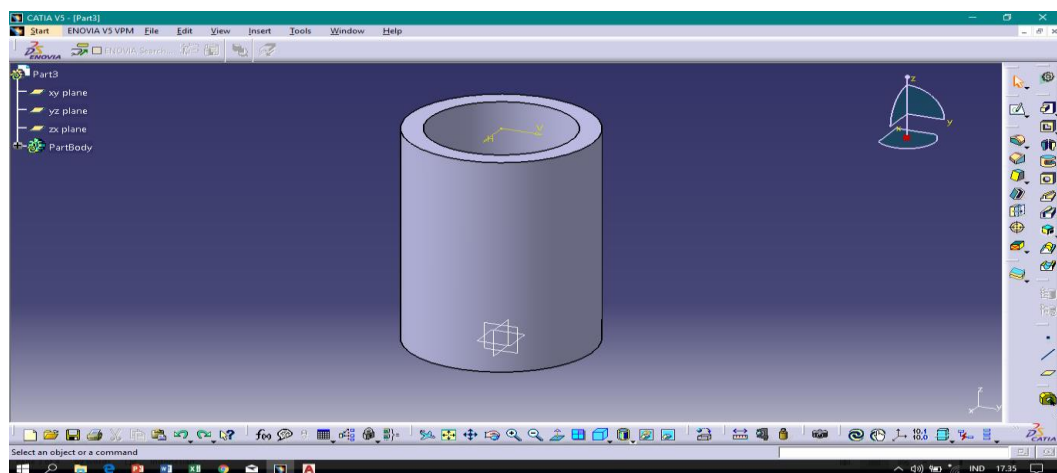
Menentukan *container die* dengan memilih toolbar exit workbench kemudian pilih toolbar shaft.



Gambar 3.4 Menampilkan Sketsa Gambar

3.4.4. Menampilkan Gambar Solid

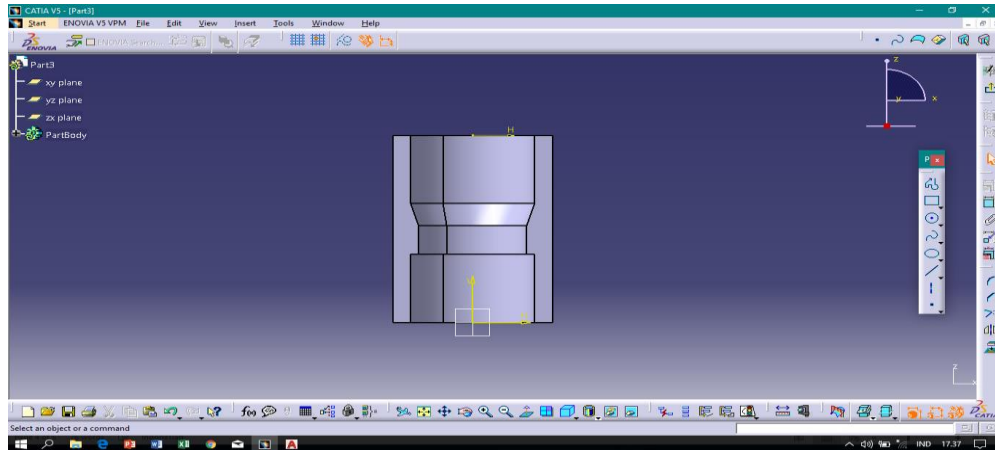
Setelah selesai mengklik sketch – pad ,selanjutnya membentuk gambar solid dengan ukuran yg sudah di tentukan seperti pada gambar di bawah ini:



Gambar 3.5 Tampilan Solid

3.4.5. Menampilkan Tampilan Gambar Potong

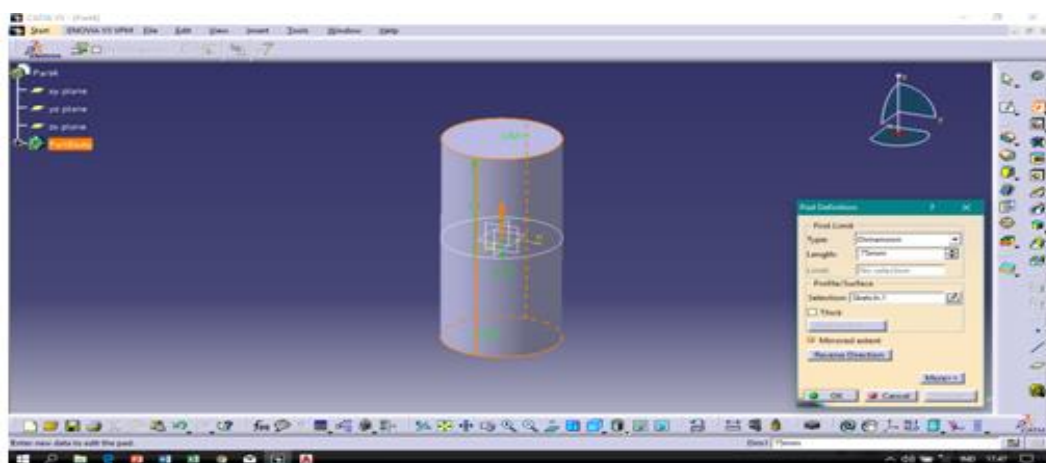
Setelah menampilkan gambar solid pada *container die*, selanjutnya menampilkan gambar potong guna mengetahui bentuk dalam *container die*.



Gambar 3.6 Tampilan Bentuk Potongan Cetakan

3.4.6. Bahan Ekstrusi Dingin

Mendesain dan memperlihatkan tampilan solid bahan sebagai bahan uji ekstrusi dingin pada *container die*.

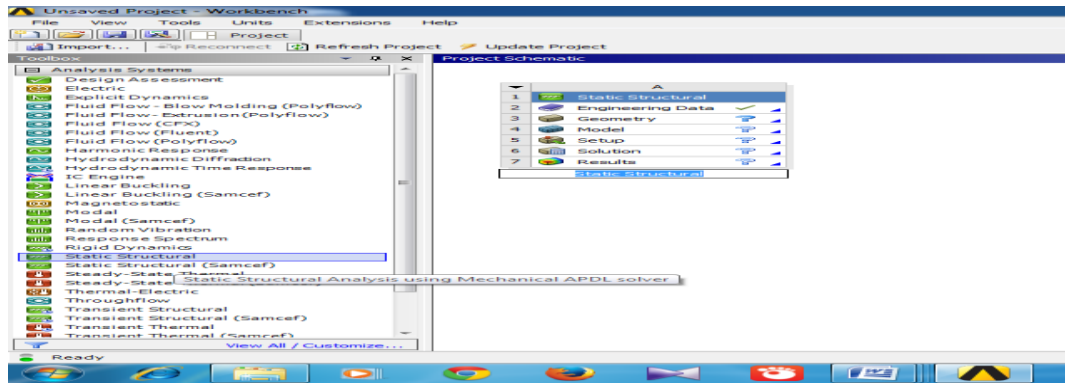


Gambar 3.7 Tampilan Solid Bahan Uji

3.5 Tahapan Menggunakan Software Ansys Workbench 15

3.5.1. Tampilan awal workbench 15

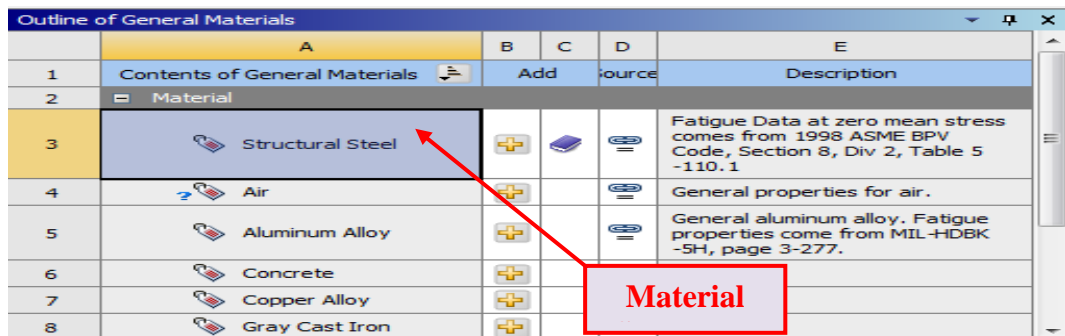
Pada tampilan ini pilih static structural – klik kanan geometry – import geometry – file igs - klik model.



Gambar 3.8 Tampilan awal workbench 15

3.5.2. Engineering Data

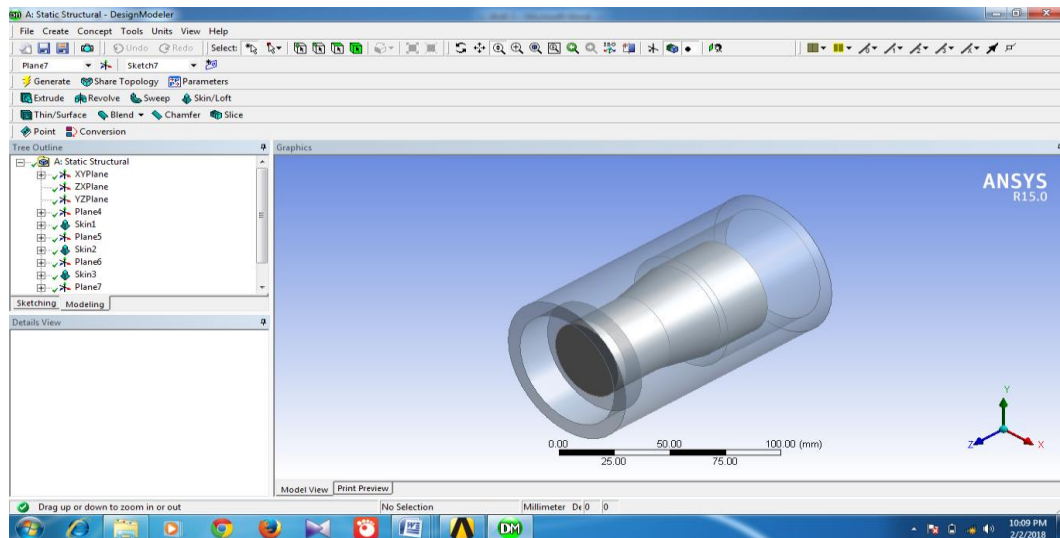
Langkah yang dilakukan pada tahap ini adalah dengan mengklik dua kali pada *Engineering Data* → *Structural Steel* → *Return to Project*. Maka akan muncul *outline*.



Gambar 3.9 Outline of General Materials

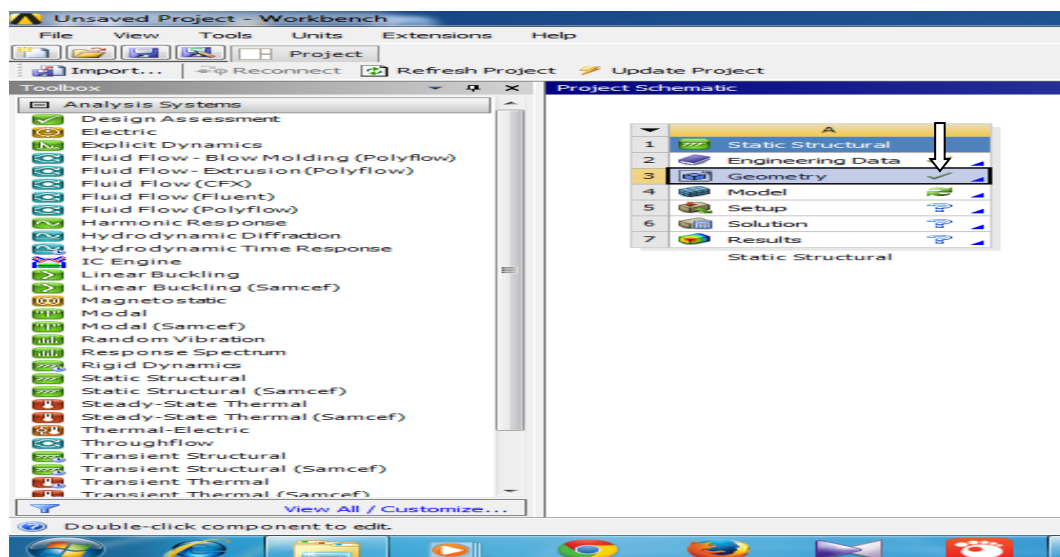
3.5.3. Menampilkan Geometry

Fitur *geometry* adalah fasilitas yang diberikan *Ansys Workbench* yang bertujuan untuk mendesain sebuah model yang akan dianalisa.



Gambar 3.10 Geometry

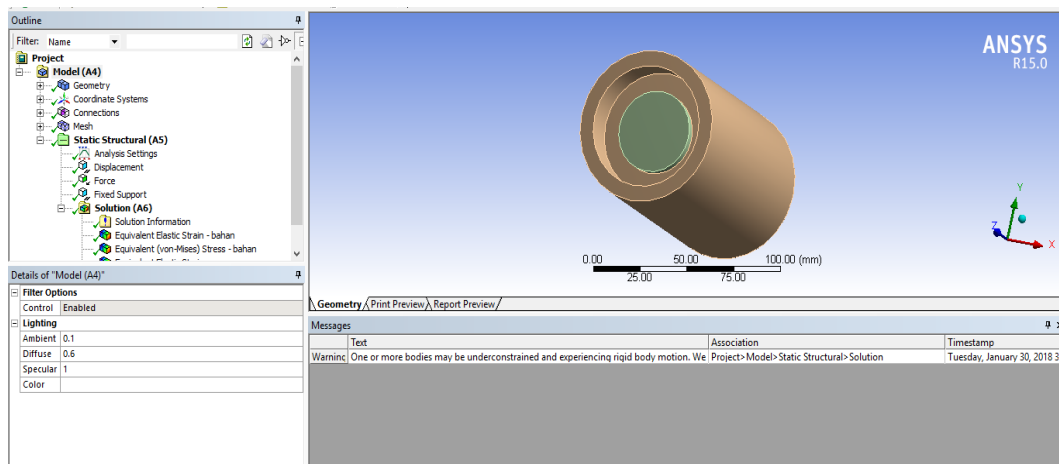
Setelah selesai mendesain, maka pada *geometry* akan muncul tanda ceklis (✓) seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 3.11 Geometry telah selesai

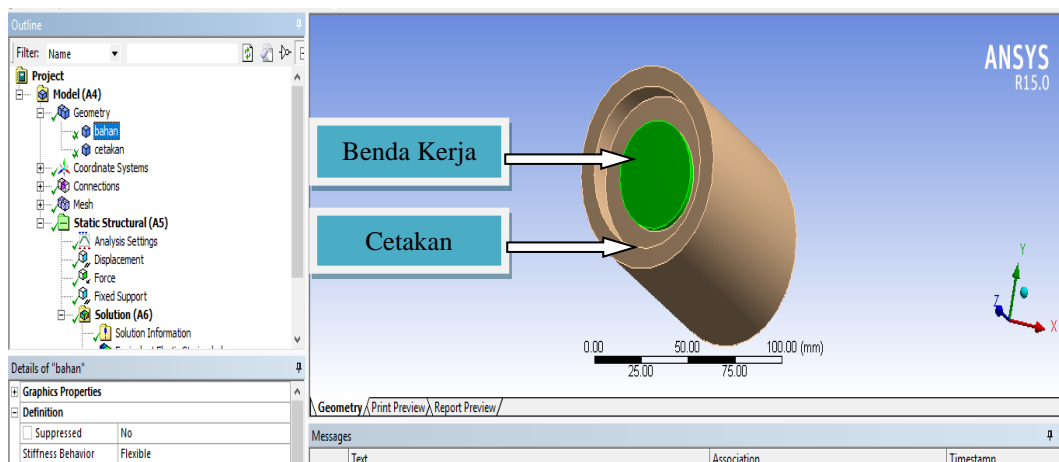
3.5.4. Menampilkan Model

Selanjutnya menampilkan benda kerja ke model, proses menganalisa benda kerja yang telah di desain ialah setelah geometry selesai – minimize – lalu klik model. Setelah mengklik model tersebut maka akan keluar jendela kerja seperti dibawah ini :



Gambar 3.12 Tampilan jendela kerja model

Untuk mempermudah pemahaman model, bahan analisa dibagi menjadi dua bagian, yaitu benda kerja dan cetakan, dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 3.13 Tampilan benda kerja dan cetakan

3.5.5. Connections

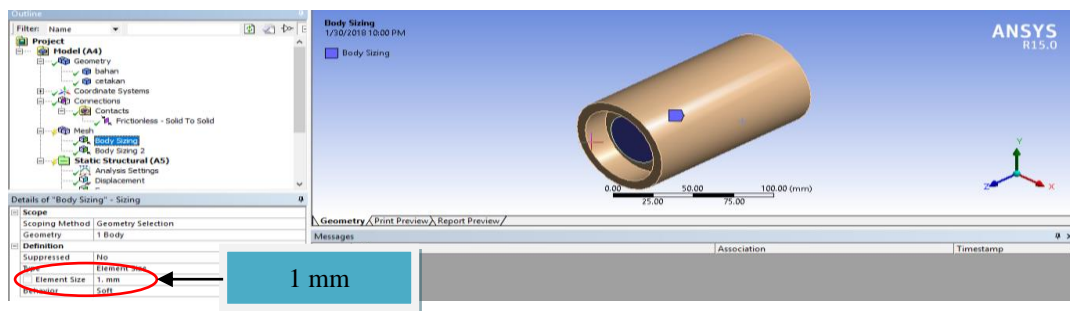
Connections adalah langkah selanjutnya untuk menentukan hubungan benda kerja dengan cetakan, hubungan antara dua benda tersebut disebut *Frictionless*.



Gambar 3.14 Hubungan antara benda kerja dan cetakan

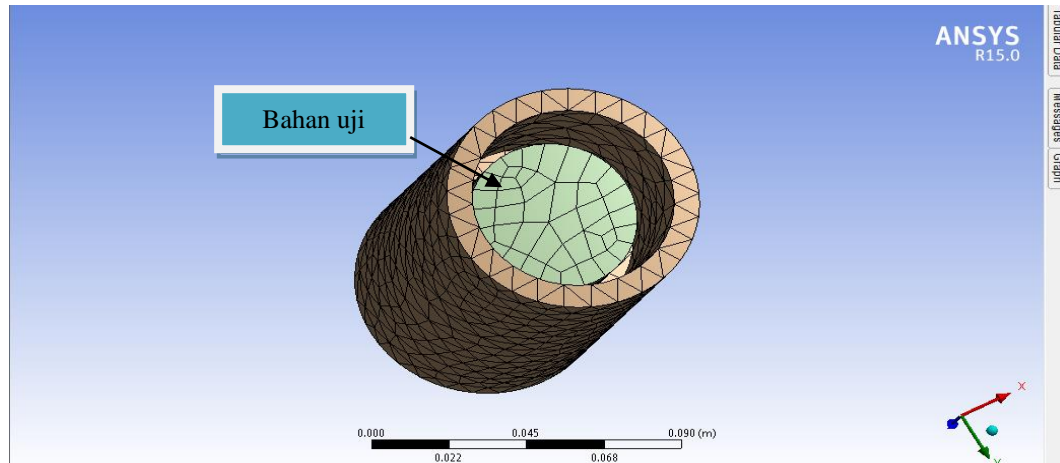
3.5.6. Menentukan Mesh

Meshing merupakan bagian dari simulasi rekayasa dibantu proses komputer. *Meshing* mempengaruhi akurasi dan kecepatan konvergensi dari solusi. Ukuran mesh yang digunakan saat ini iyalah 1 mm. Untuk lebih jelasnya *meshing* dapat dilihat pada gambar 3.15 dan gambar 3.16.



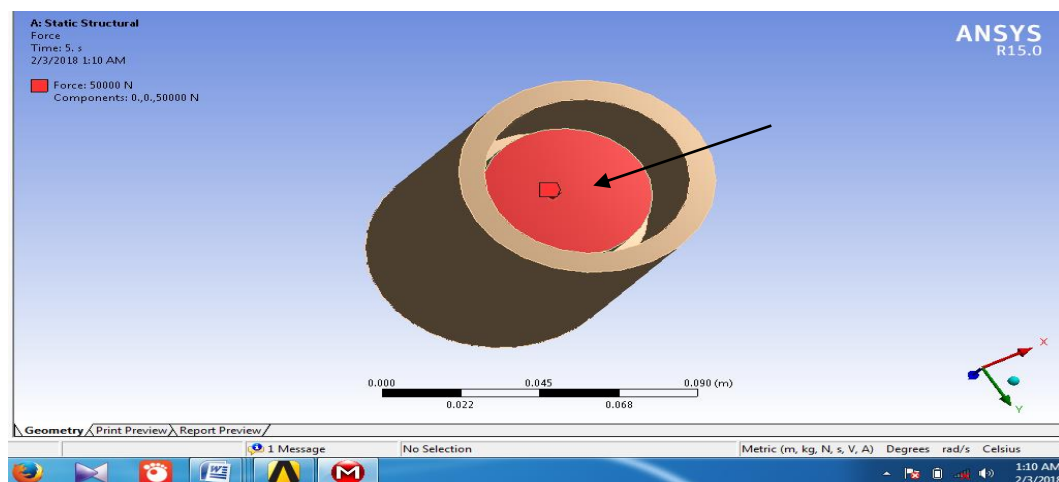
Gambar 3.15 Body Sizing

Setelah melakukan *body sizing* atau menentukan ukuran mesh, dapat dilihat hasil mesh pada gambar dibawah ini dengan cara klik mesh – *generate meshing*



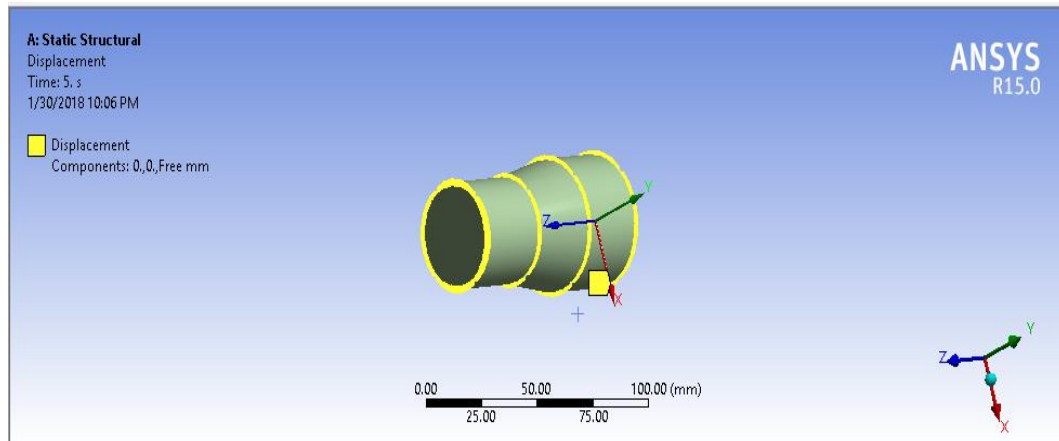
Gambar 3.16 Hasil mesh

Untuk mengetahui apa saja yang terjadi pada benda ini adalah menerapkan gaya yang terjadi pada benda kerja sesuai dengan kejadian bahwa gaya yang di terapkan ialah 50000 N, dilakukan dengan cara di dorong pada benda kerja ataupun bahan uji dengan arah sumbu – z, seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini :



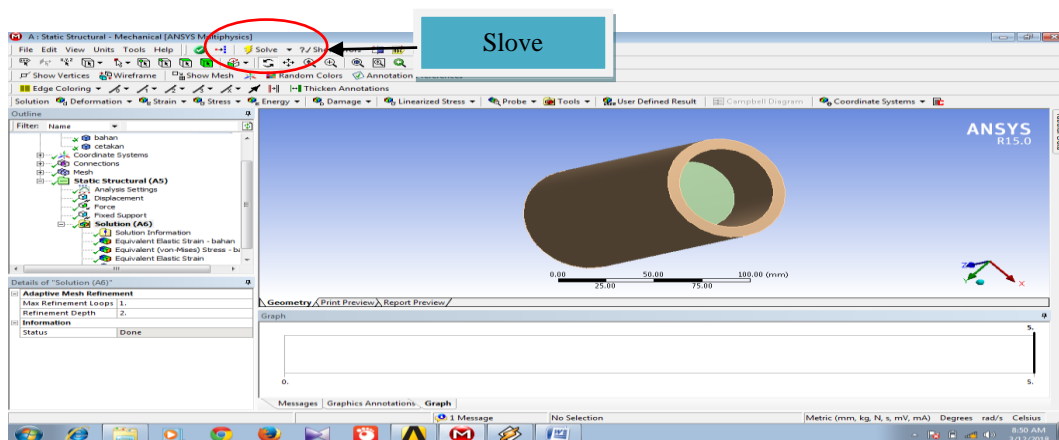
Gambar 3.17 Posisi gaya dorong pada benda uji

Pada saat gaya dorong diberikan pada benda kerja, saat itu juga benda kerja perlahan bergerak ke dalam cetakan atau *die*. Karena benda kerja ini mengalami perpindahan maka kita akan menentukan displacement. Displacement diterapkan di setiap sudut yang ada pada benda kerja sesuai dengan gambar di bawah ini :



Gambar 3.18 Displacement benda kerja

Setelah menentukan hasil gambar diatas, selanjutnya akan menentukan hasil apa yang akan di tentukan dalam simulasi ini. Sesuai yang telah di jelaskan pada batasan masalah, bahwa hasil yang akan dicari adalah regangan dan tegangan untuk di setiap benda kerja dan cetakan. Untuk melihat hasil dapat di klik *slove* :



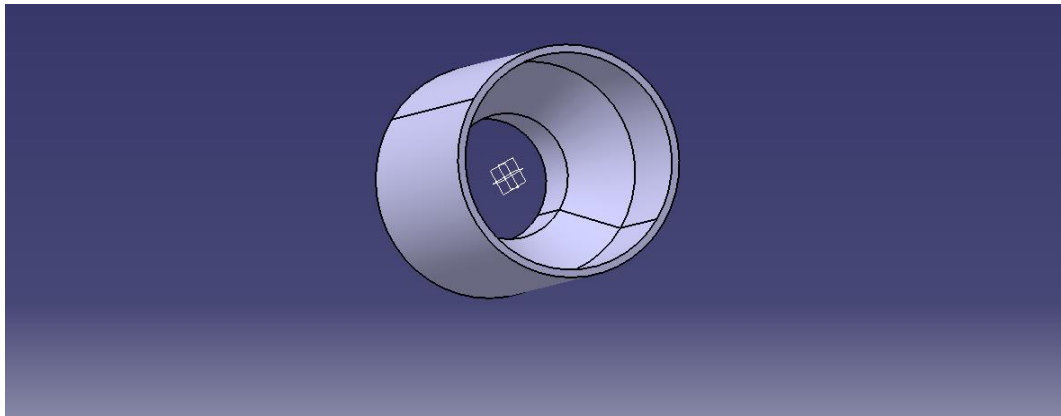
Gambar 3.19 Proses hasil analisa

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Rencana Percobaan

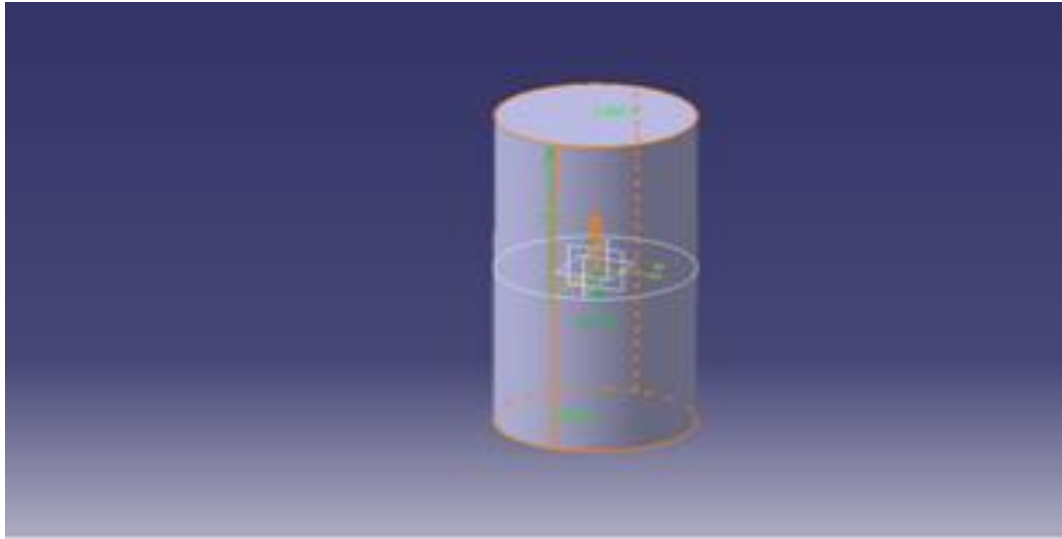
Konsep desain ini terlebih dahulu sebagai salah satu bahan uji analisa numeric *die* ekstrusi dingin yang berbentuk silinder. Seperti yang terlihat pada gambar 4.1 dibawah ini.



Gambar 4.1 Konsep Ekstrusi dingin berbentuk silinder

Keterangan	:
Panjangseluruh	:130 mm
Diameter luar	: 75 mm
Diameter dalam	: 65 mm
Panjangtirus	: 28 mm
Diameter die	: 40 mm
Panjang die	: 17,5 mm
Bahan	: Baja Karbon S45C

4.2 Konsep Gambar Spesimen Bahan Uji



Gambar 4.2 Konsep Spesimen Uji

Keterangan

Panjang : 65 mm

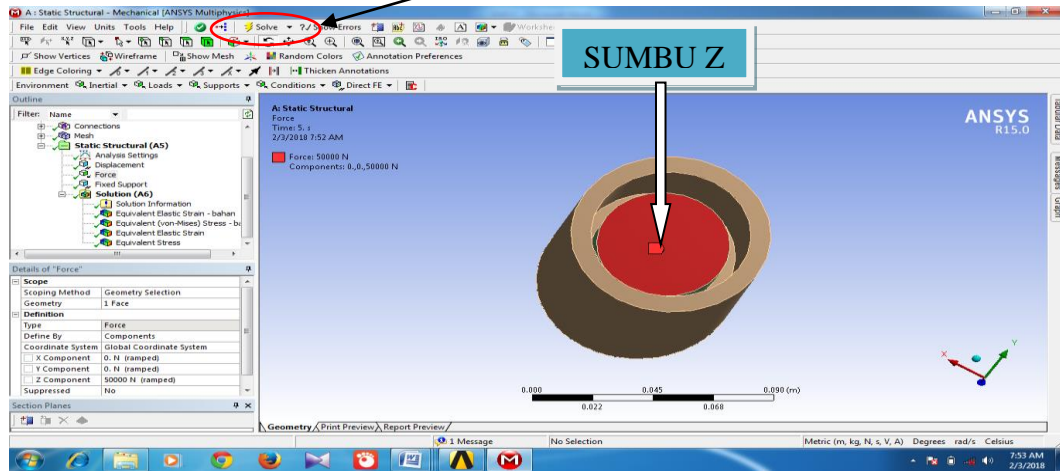
Diameter : 41 mm

Bahan : Aluminium

4.3 Hasil Konsep Simulasi Ekstrusi Dingin

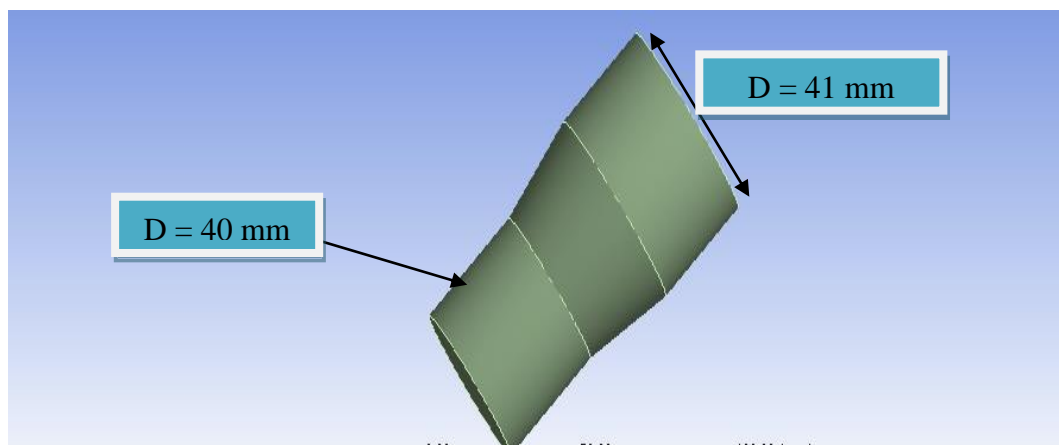
Dalam tekanan ekstrusi dingin pada benda kerja berbentuk silinder, gaya tekanan yang di beri pada benda kerja sebesar 50 kN setara dengan 50000 N. Pada benda kerja berbentuk silinder pengerjaannya dilakukan dengan cara ditekan atau di dorong. Dengan di terapkannya pada gaya 50 kN atau sama dengan 50000 N dari arah sumbu- z.

Untuk melihat hasil analisa dapat mengklik solve :



Gambar 4.3 Gaya dorong 50 kN pada benda kerja

Pada gaya dorong 50 kN, hasil yang akan dianalisa dengan gaya beban 50 kN adalah dengan diameter awal sebelum di ekstrusi ialah sebesar 41 mm dan hasil akhir setelah di ekstrusi besar diameternya menjadi 40 mm, seperti yang terlihat pada gambar 4.4 dibawah ini

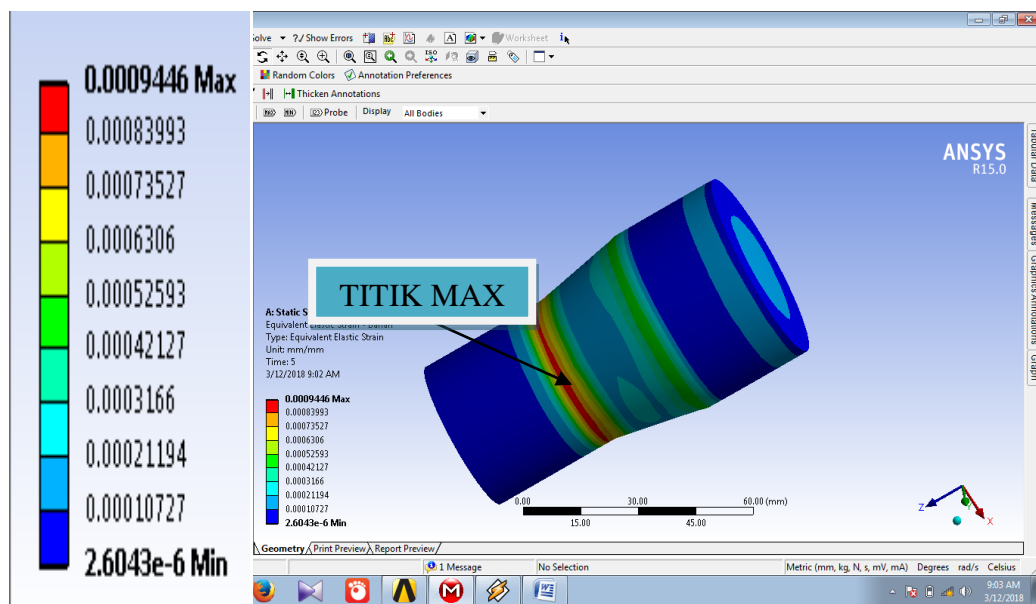


Gambar 4.4 Hasil Ekstrusi Dingin

Setelah diketahui hasil ekstrusi dingin pada gambar 4.4, penulis juga mencari hasil *equivalent elastic strain* (regangan pada bahan uji), *equivalent (von-mises)*

stress (tegangan pada bahan uji), *equivalent elastic strain* (regangan pada cetakan) dan *equivalent stress* (tegangan pada cetakan). Masing – masing analisa diberi gaya dorong sebesar 50 kN dari titik sumbu – z yang di tunjukkan pada gambar 4.3 di atas.

4.3.1 Hasil *Equivalent Elastic Strain* (Regangan pada bahan uji)



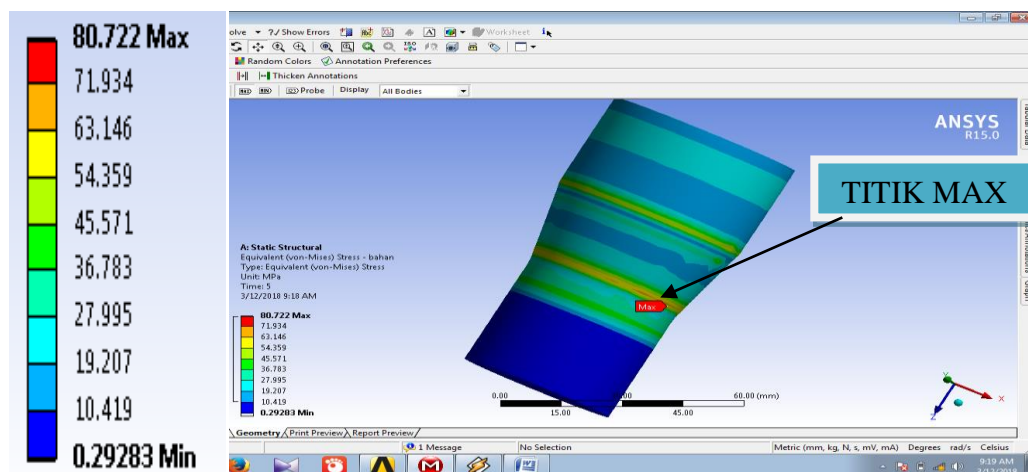
Gambar 4.5 Regangan pada bahan uji

Terlihat pada gambar diatas gambar 4.3 bahwa terjadi suatu regangan pada bahan uji ekstrusi dingin yang telah di berikan gaya dorong 50 kN. Hasil maximum pada regangan bahan uji ekstrusi dingin terjadi pada saat penekanan yang terlihat pada gambar 4.3 yang berwarna merah yang telah ditunjukkan dengan petunjuk gambar diatas. Hasil tersebut dapat dilihat pada penjelasan gambar dibawah ini :

1. Pada warna biru bentuk bahan uji menunjukkan masih dalam gaya dorong normal dengan angka 0,00010727.

2. Pada saat bahan uji bergerak yang di hasilkan dari gaya dorong 50 kN, menunjukkan bahwa warna hijau pada bahan mengalami pergerakan dengan angka 0,00042127 akibat adanya dorongan pada bahan.
3. Pada saat bahan uji mulai mendekati titik maximum ditunjukkan pada warna orange dengan angka 0,00073527.
4. Saat bahan uji diatas mengalami titik maximum pada saat diberikan dorongan 50 kN ditunjukkan pada warna merah dengan angka maximum 0,0009446.

4.3.2 Hasil *Equivalen (von-mises) Stress* (Tegangan pada bahan uji)



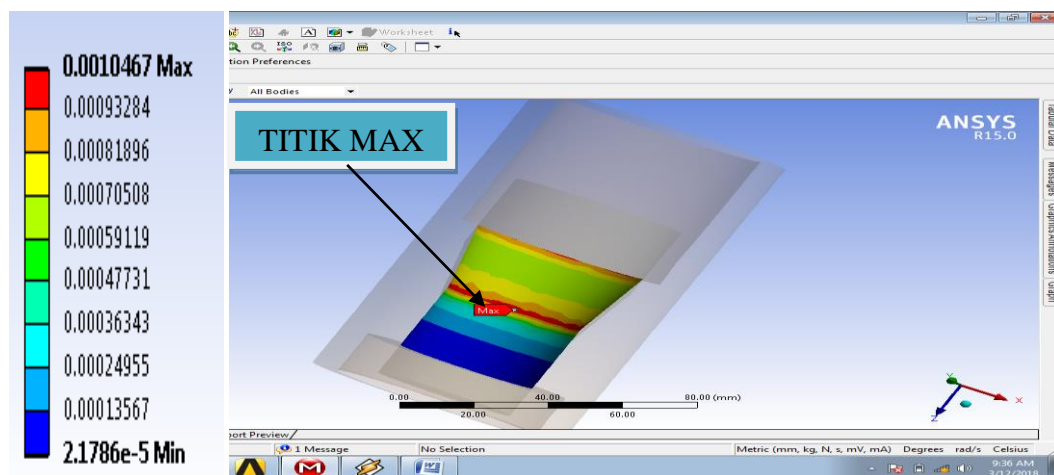
Gambar 4.6 Tegangan pada bahan uji

Pada analisa tegangan bahan ini terlihat beda dengan analisa sebelumnya yang mencari regangan pada bahan tersebut, analisa tegangan saat ini menunjukkan titik maximum tidak terlalu tinggi atau tidak terlalu besar saat diberikan gaya dorong 50 kN. Terlihat pada titik maximum yang terlihat pada warna merah yang di tunjukkan oleh petunjuk gambar 4.4 diatas menunjukkan angka 80,722 N/m².

Penjelasan dari warna – warna pada gambar 4.4 diatas dapat dilihat dibawah ini :

1. Bahwa warna biru menunjukkan masih di titik normal pada saat diberi gaya dorong sebesar 50 kN.
2. Dari warna biru, beralih kewarna hijau yang menunjukkan bahwa warna hijau adalah proses dari gaya dorong mengalami perubahan pada bahan.
3. Sedangkan warna kuning menunjukkan bahwa bahan yang diberi gaya dorong mulai berubah bentuk terjadi penekanan pada bahan.
4. Pada warna orange adalah tanda gaya dorong penekanan yang mendekati titik maximum.
5. Warna merah adalah titik maximum yang terjadi pada gaya dorong bahan uji dengan angka max 80,722 N/m².

4.2.3 *Equivalent Elastic Strain* (Regangan pada cetakan)



Gambar 4.7 Regangan pada cetakan

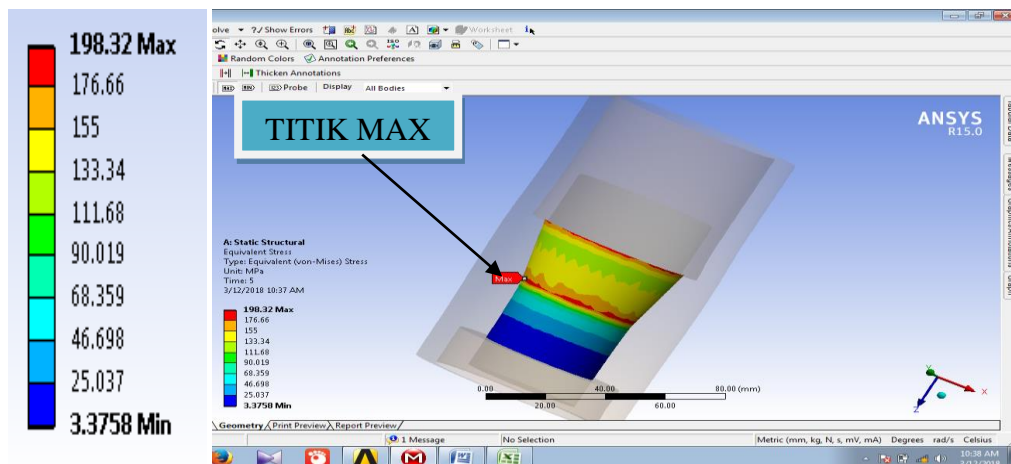
Pada analisa ekstrusi dingin yang dibahas saat ini,tidak hanya mengetahui regangan dan tegangan pada bahan uji, melainkan juga mengetahui hasil regangan

dan tegangan pada cetakan. Hasil dari gambar 4.5 diatas menunjukkan titik maximum 0.0010476 terjadi pada saat diberi gaya dorong 50 kN.

Angka yang di dapat pada saat gaya dorong dilakukan dapat dilihat dibawah ini :

1. Warna merah menunjukkan titik maximum dengan angka 0,0010476.
2. Warna orange disebut tanda gaya dorong mulai bergerak dengan angka 0,00081896.
3. Warna kuning menunjukkan bahwa penekanan pada cetakan telah terjadi dengan angka 0,00070508.
4. Warna hijau menunjukkan penekanan yang terjadi pada cetakan dengan angka 0,00047731.
5. Warna biru pada tekanan normal dengan angka 0.00013567

4.2.4 *Equivalent Stress* (Tegangan cetakan)



Gambar 4.8 Tegangan cetakan

Sama halnya dengan regangan cetakan yang terjadi sebelumnya. Tegangan cetakan juga harus diketahui titik – titik maximum dan minimum. Titik – titik tersebut dapat dilihat dengan gambar 4.8 diatas, tidak jauh beda dengan regangan sebelumnya, dimana titik maximum yang telah diberi gaya dorong 50 kN terjadi pada angka 198,32 N/m² menunjukkan titik maximum yang tertera pada gambar 4.8 yang menunjukkan warna merah.

Adapun penjelasan gambar 4.8 diatas dapat dilihat dibawah ini :

1. Warna merah menunjukkan titik maximum dengan angka 198,32 N/m²
2. Warna orange disebut tanda gaya dorong telah mendekati titik max dengan angka 155 N/m²
3. Warna kuning menunjukkan bahwa penekanan pada cetakan telah terjadi dengan angka 133,34 N/m²
4. Warna hijau menunjukkan awal penekanan mulai bergerak yang terjadi pada cetakan dengan angka 90,019 N/m²
5. Warna biru pada tekanan normal dengan angka 20,037 N/m²

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian analisa numerik *die* ekstrusi dingin ini didapatkan beberapa kesimpulan yaitu:

1. Dari hasil ekstrusi dingin bahwa bahan uji aluminium yang berdiameter 41 mm telah diberi gaya dorong sebesar 50 kN dan hasil akhirnya menjadi diameter 40 mm setelah di ekstrusi.
2. Dari hasil analisa numerik *die* ekstrusi dingin yang mencari regangan pada benda kerja dengan gaya dorong 50 kN menunjukkan angka maximum : 0,0009446 dan angka minimum adalah 0,00010727
3. Dari hasil analisa numerik *die* ekstrusi dingin yang mencari tegangan pada benda kerja dengan gaya dorong 50 kN menunjukkan angka maximum : 80,722 N/m² dan angka minimum adalah 10,419 N/m²
4. Dari hasil analisa numerik *die* ekstrusi dingin yang mencari regangan pada cetakan dengan gaya dorong 50 kN menunjukkan angka maximum : 0,0010467 dan angka minimum adalah 0,00013567
5. Dari hasil analisa numerik *die* ekstrusi dingin yang mencari tegangan pada cetakan dengan gaya dorong 50 kN menunjukkan angka maximum : 198,32 N/m² dan angka minimum adalah 25,037 N/m²

5.2 Saran

1. Penulis menyarankan untuk mempelajari dalam menganalisa software ansys dalam simulasinya.
2. Penulis menyarankan agar lebih teliti pada saat dilakukannya ekstrusi dingin.

DAFTAR PUSTAKA

ANSYS, (2012). User's Manual (Version 15.0)., Canonsburg, PA, USA.

Department of Mechanical Construction Engineering (D.I.E.M.), University of Bologna, V.le Risorgimento, Bologna 40136, Italy

Department of Mechanical Engineering, Institute of Technology, Banaras Hindu University Varanasi 221 005, India

Received 14 September 2005; received in revised form 9 December 2005; accepted 29 January 2007

Department Mechanical & Precision Engineering, Pusan National University, 30 Jangjeon-dong, Geumjeong-gu, Pusan 609-735, South Korea

[https://id.wikipedia.org/wiki/Teflon/Roy J. Plunkett\(26 Juni1910 - 12 Mei1994\)](https://id.wikipedia.org/wiki/Teflon/Roy_J._Plunkett(26_Juni1910_-_12_Mei1994))

Pada html

Key Laboratory for Liquid-Solid Structural Evolution and Processing of Materials (Ministry of Education), Shandong University, Jinan, Shandong, 250061, PR China Shandong Yancon Light Alloy Co., Ltd, Jining, Shandong, 273515, PR China.

State Key Laboratory for Fabrication and Process of Nonferrous Metals, General Research Institute for Nonferrous Metals, Beijing 100088, China

Received 8 July 2009; accepted 24 September 2009

V.R. Bird, *Use of Statistically Designed Experiments in an Extrusion Plant, Proc. Fourth International Aluminum Extrusion Technology Seminar, Aluminum Association and Aluminum Extruders Council, 1988.*

W.Z. Gu, *The Process of steel cold extrusion and design of extrusion die, educational press, 1986.*

LAMPIRAN

Tabel Lampiran *Equivalent Elastic Strain* Pada Bahan Uji

NO	TIME (S)	MINIMUM	MAXIMUM
1	1.	2.6044e-006	9.446e-004
2	2.	2.6043e-006	9.446e-004
3	3.	2.6043e-006	9.446e-004
4	4.	2.6043e-006	9.446e-004
5	4.1	2.6043e-006	9.446e-004
6	4.2	2.6043e-006	9.446e-004
7	4.3	2.6043e-006	9.446e-004
8	4.4	2.6043e-006	9.446e-004
9	4.5	2.6043e-006	9.446e-004
10	4.6	2.6043e-006	9.446e-004
11	4.7	2.6043e-006	9.446e-004
12	4.8	2.6043e-006	9.446e-004
13	4.9	2.6043e-006	9.446e-004
14	5.	2.6043e-006	9.446e-004

Tabel lampiran *Equivalen (von-mises) Stress* Pada Bahan Uji

NO	TIME (S)	MINIMUM (MPa)	MAXIMUM (MPa)
1	1.	0.29283	80.722
2	2.	0.29283	80.722
3	3.	0.29283	80.722
4	4.	0.29283	80.722
5	4.1	0.29283	80.722
6	4.2	0.29283	80.722
7	4.3	0.29283	80.722
8	4.4	0.29283	80.722
9	4.5	0.29283	80.722
10	4.6	0.29283	80.722
11	4.7	0.29283	80.722
12	4.8	0.29283	80.722
13	4.9	0.29283	80.722
14	5.	0.29283	80.722

Tabel Lampiran *Equivalent Elastic Strain* Pada Die

NO	TIME (S)	MINIMUM	MAXIMUM
1	1.	2.1786e-005	1.0467e-003
2	2.	2.1786e-005	1.0467e-003
3	3.	2.1786e-005	1.0467e-003
4	4.	2.1786e-005	1.0467e-003
5	4.1	2.1786e-005	1.0467e-003
6	4.2	2.1786e-005	1.0467e-003
7	4.3	2.1786e-005	1.0467e-003
8	4.4	2.1786e-005	1.0467e-003
9	4.5	2.1786e-005	1.0467e-003
10	4.6	2.1786e-005	1.0467e-003
11	4.7	2.1786e-005	1.0467e-003
12	4.8	2.1786e-005	1.0467e-003
13	4.9	2.1786e-005	1.0467e-003
14	5.	2.1786e-005	1.0467e-003

Tabel lampiran *Equivalen (von-mises) Stress* Pada Die

NO	TIME (S)	MINIMUM (MPa)	MAXIMUM (MPa)
1	1.	3.3758	198.32
2	2.	3.3758	198.32
3	3.	3.3758	198.32
4	4.	3.3758	198.32
5	4.1	3.3758	198.32
6	4.2	3.3758	198.32
7	4.3	3.3758	198.32
8	4.4	3.3758	198.32
9	4.5	3.3758	198.32
10	4.6	3.3758	198.32
11	4.7	3.3758	198.32
12	4.8	3.3758	198.32
13	4.9	3.3758	198.32
14	5.	3.3758	198.32

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama : Bambang Pranoto
NPM : 1307230091
Tempat/ Tanggal Lahir : Tanjung Sari, 21 April 1995
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Status : Belum Menikah
Alamat : Dusun Tanjung Sari
 Kel/Desa : Desa Tebing Linggahara
 Kecamatan : Bilah Barat
 Kabupaten : Labuhan Batu
 Provinsi : Sumatera Utara
Nomor HP/WA : 0823 6764 9994
Email : bambangpranoto784@yahoo.com
Nama Orang Tua
 Ayah : Ridi
 Ibu : Paini

PENDIDIKAN FORMAL

2001-2007 : SD Negeri 117834 Tanjung Sari
2007-2010 : SMP N 1 Pangkatan
2010-2013 : SMK Swasta Raudlatul Uluum Aek Nabara
2013-2018 : Mengikuti Pendidikan S1 Program Studi Teknik Mesin Fakultas
Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara