

TUGAS AKHIR

ANALISA *NUMERIC FLOW CONTROL* SISTEM HIDROLIK PADA PROSES *DEEP DRAWING*

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

Disusun Oleh:

ADNAN RIDWAN SIREGAR
1407230087



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Adnan Ridwan Siregar

NPM : 1407230087

Program Studi : Teknik Mesin

Judul Skripsi : *Analisa Numeric Flow Control* Sistem Hidrolik Pada Proses
Deep Drawing

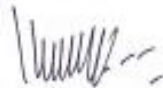
Bidang ilmu : Kontruksi Alat Berat

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

Medan, Agustus 2020

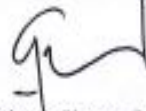
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



Rahmatullah, S.T., M.Sc

Dosen Peguji II



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

Dosen Penguji III



Khairul Umurani, S.T., M.T

Dosen Penguji IV



Sudirman Lubis, S.T., M.T

Program Studi Teknik Mesin
Ketua,

Affandi, S.T., M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Lengkap : Adnan Ridwan Siregar
Tempat/Tanggal Lahir : Patumbak/17 Juli 1996
NPM : 1407230087
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

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


"Analisa Numeric Flow Control Sistem Hidrolik Pada Proses Deep Drawing",

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

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

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

Medan, Agustus 2020

ya yang menyatakan,

Adnan Ridwan Siregar



ABSTRAK

Hidrolik merupakan sebuah cabang dari ilmu yang di teliti arus zat cair melalui pipa – pipa dan pembulu – pembulu tertutup. Di dalam teknik hidrolik berarti ada penggerakan – penggerakan pengaturan dan pengendalian dimana berbagai gaya dan gerakan kita di peroleh dengan bantuan suatu zat cair. Pada penelitian ini, penulis melakukan penelitian pada mesin *Deep Drawing* yang ada di Laboratorium Teknik Mesin UMSU. Pada mesin *Deep Drawing* ini, terdapat tiga hidrolik, yaitu satu hidrolik untuk cetakan (*Punch*) dan dua untuk penggerak *Blank Holder*. Pada penelitian ini penulis melakukan analisa pada hidrolik penggerak *Blank Holder*, setelah melakukan analisa terhadap sistem kerja hidrolik tersebut, maka hasil analisa akan disimpulkan menjadi simulasi. Simulasi ini bertujuan untuk mengetahui berapa kecepatan aliran yang terjadi didalam *flow control* berdasarkan debit pompa yang telah di analisa, dan simulasi ini dibuat menggunakan perangkat lunak Solidwork 2014. Berdasarkan hasil analisa diperoleh nilai debit aliran pompa yaitu 3,13 L/menit, luas penampang torak adalah 7,065 cm², luas penampang batang torak sebesar 3,14 cm², luas analus kerja sebesar 3,925 cm², gaya dorong turun yaitu 176,625 N, gaya dorong naik 98,125 N, waktu langkah turun yaitu 3,59 detik dan naik yaitu 1,99 detik. Berdasarkan variasi tekanan pada simulasi, maka diperoleh tegangan maksimum yaitu sebesar 73,4 N/mm² dengan tekanan 170 bar, 76,4 N/mm² dengan tekanan 190 bar, 82,1 N/mm² dengan tekanan 210 bar, 86,8 N/mm² dengan tekanan 230 bar, 100,6 N/mm² dengan tekanan 250 bar.

Kata kunci: *Deep Drawing*, hidrolik, sistem hidrolik, *flow control*, pompa

ABSTRACT

Hydraulics is a branch of science that examines the flow of liquid through closed pipes and bristles. In hydraulic engineering, it means that there are movements - controlling and controlling movements where our various forces and movements are obtained with the help of a liquid. In this study, the authors conducted research on the Deep Drawing machine in the UMSU Mechanical Engineering Laboratory. In this Deep Drawing machine, there are three hydraulics, one hydraulic for the mold (Punch) and two for the blank holder. In this study the authors conducted an analysis on the hydraulic drive of the Blank Holder, after analyzing the hydraulic work system, the results of the analysis will be concluded into a simulation. This simulation aims to determine how much flow velocity occurs in the flow control based on the pump discharge that has been analyzed, and this simulation is made using Solidwork 2014 software. is 7.065 cm², piston rod cross-sectional area is 3.14 cm², the working analytical area is 3.925 cm², the thrust is 176.625 N, the thrust is 98.125 N, the step time is 3.59 seconds and the rise is 1.99 seconds. Based on the variation of pressure in the simulation, the maximum stress is obtained at 73.4 N / mm² with a pressure of 170 bar, 76.4 N / mm² with a pressure of 190 bar, 82.1 N / mm² with a pressure of 210 bar, 86.8 N / mm² with a pressure of 230 bar, 100.6 N / mm² with a pressure of 250 bar.

Keywords: Deep Drawing, hydraulic, hydraulic system, flow control, pump

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 Numeric Flow Control Sistem hidrolik pada Proses Deep Drawing*” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Serjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

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

1. Bapak Khairul Umurani, ST, MT, selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Sudirman Lubis, ST, MT, selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Munawar Alfansury Siregar, ST, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikn ilmu teknik permesinan kepada penulis.
5. Orang tua penulis: Ismail Hamzah Siregar, Alm. dhaniya dan Suharti, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
6. Bapak/ibu staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Sahabat – sahabat penulis: Alif Akbar, M. Fauzi Himawan, sudarman, sudiro, M. Ilham, dan lainnya yang namanya tidak mungkin disebutkan satu persatu.

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, Juli 2020

Adnan Ridwan Siregar

2.7.2. Debit Aliran Rata – rata	24
2.7.3. Gaya dorong torak	25
2.7.4. Waktu langkah yang dibutuhkan	25
2.8. <i>Solidwork</i>	25
2.9. Metode Numerik	26
2.9.1. Perbedaan antara Metode Numerik dan Analitik	27
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	28
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	28
3.1.1. Tempat Penelitian	28
3.1.2. Waktu Penelitian	28
3.2 Diagram Alir Penelitian	29
3.3 Bahan dan Alat yang Digunakan	30
3.3.1. Bahan yang Digunakan	30
3.3.2. Alat yang Digunakan	31
3.4 Cara Kerja Mesin <i>Deep Drawing</i>	33
3.5 Menganalisa Sistem Kerja Hidrolik Pada Proses <i>Deep Drawing</i>	34
3.5.1. Langkah – langkah Yang Dilakukan Dalam Menganalisa Sistem Hidrolik Pada Proses <i>Deep Drawing</i>	34
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	40
4.1 Hasil Analisa	40
4.1.1. Debit Pompa / Aliran Rata – rata (Q)	40
4.1.2. Perhitungan Pada Silinder Hidrolik	40
4.1.3. Gaya Dorong Pada Torak	42
4.1.4. Waktu Langkah Yang Dibutuhkan (t)	42
4.2 Pembahasan	43
4.3 Hasil Simulasi	44
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	49
5.1. Kesimpulan	49
5.2. Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN	
LEMBAR ASISTENSI	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Simbol – simbol Pada Saluran	18
Tabel 2.2. Beberapa Lambang Komponen Penyusun Dalam Sistem Hidrolik	19
Tabel 2.3. Penomoran Lubang Saluran	20
Tabel 2.4. Metode Pengaktifan	21
Tabel 2.5. Faktor K untuk Katup dan Fitting	24
Tabel 3.1. Jadwal Waktu dan Kegiatan Penelitian	28
Tabel 3.2. Spesifikasi Mesin	30
Tabel 4.1. Hasil Simulasi	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Proses <i>Deep Drawing</i>	3
Gambar 2.2. Diagram Aliran Sistem Hidrolik	5
Gambar 2.3. Skema Kerja Sistem Hidrolik	6
Gambar 2.4. Fluida Dalam Pipa Menurut Hukum Pascal	7
Gambar 2.5. Motor Listrik	8
Gambar 2.6. Pompa Single – Stage tekanan rendah	9
Gambar 2.7. Pompa Single – Stage tekanan tinggi	9
Gambar 2.8. Pompa Ganda (<i>Double Pump</i>)	9
Gambar 2.9. External Gear Pump	10
Gambar 2.10. Internal Gear Pump	10
Gambar 2.11. Katup Pengatur Tekanan	11
Gambar 2.12. Katup pengatur arah aliran (<i>Flow Control</i>)	12
Gambar 2.13. <i>Flow Control Throttling Valve</i>	12
Gambar 2.14. Manometer (Pressure Gauge)	13
Gambar 2.15. Contoh Minyak Hidrolik	14
Gambar 2.16. Panel Listrik	16
Gambar 2.17. Silinder Kerja Penggerak Tunggal	16
Gambar 2.18. Silinder Kerja Penggerak Ganda	17
Gambar 2.19. Pipa Hidrolik	17
Gambar 2.20. Prinsip Kerja Press Hidrolik	23
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian	29
Gambar 3.2. Mesin Deep Drawing	31
Gambar 3.3. Jangka Sorong	32
Gambar 3.4. Pressure Gauge	32
Gambar 3.5. Laptop	33
Gambar 3.6. Tampilan <i>Software Solidworks 2014</i>	33
Gambar 3.7. Langkah 1	35
Gambar 3.8. Langkah 2	36
Gambar 3.9. Langkah 3	36
Gambar 3.10. Langkah 4	37
Gambar 3.11. Langkah 5	37
Gambar 3.12. Langkah 6	38
Gambar 3.13. Langkah 7	38
Gambar 3.14. Langkah 8	39
Gambar 4.1. Simulasi Dengan Tekanan 170 bar	44
Gambar 4.2. Simulasi Dengan Tekanan 190 bar	45
Gambar 4.3. Simulasi Dengan Tekanan 210 bar	46
Gambar 4.4. Simulasi Dengan Tekanan 230 bar	46
Gambar 4.5. Simulasi Dengan Tekanan 250 bar	47
Gambar 4.6. Grafik Tegangan	48

DAFTAR NOTASI

F_1	: Gaya Masuk
F_2	: Gaya Keluar
A_1	: Diameter Piston Kecil
A_2	: Diameter Piston Besar
P	: Tekanan
W	: Beban
A	: Luas Penampang
A_r	: Luas Penampang Batang Torak
A_R	: Luas Penampang Kerja /Analus Area
d_1	: Diameter torak
d_2	: Diameter Batang Torak
Q	: Debit Aliran rata – rata
V	: Volume Pompa
η_{vol}	: Efisiensi Pompa
F_D	: Gaya Dorong Maju
F_Z	: Gaya Dorong Mundur
t	: Waktu langkah yang dibutuhkan

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Perkembangan teknologi hidrolik yang sangat pesat merambah di dunia industri. Tidak ketinggalan pada aplikasi sistem hidrolik yang sering di gunakan oleh kendaraan alat berat atau di dunia industri. Hidrolik merupakan sebuah cabang dari ilmu yang di teliti arus zat cair melalui pipa – pipa dan pembuluh – pembuluh tertutup. Di dalam teknik hidrolik berarti ada penggerakan – penggerakan pengaturan – pengaturan dan pengendalian dimana berbagai gaya dan gerakan kita di peroleh dengan bantuan suatu zat cair. Prinsip kerja hidrolik sendiri menggunakan input daya yang besar, salah satu mesin press deep drawing yang di butuhkan sebagai penggerak mesin yang memerlukan daya tinggi melalui fluida statis. Hidrolik di rancang dan di buat sesuai fungsi dan kegunaannya pada mesin press deep drawing saat proses pengujian deep drawing.

Untuk meningkatkan cara kerja hidrolik pada proses deep drawing maka sekarang ini sistem hidrolik banyak bisa di kombinasikan dengan sistem lainnya, sehingga kita dapat unjuk kerja dari sistem hidrolik yang lebih optimal. Dalam sistem hidrolik, gaya yang di berikan terhadap fluida di alirkan ke dalam mekanisme gaya, untuk memahami bagaimana sistem kerja dari hidrolik yang bekerja pada proses deep drawing. Dalam penelitian kasus ini di fokuskan pada analisa sistem kerja hidrolik, pada mesin press deep drawing pembuatan mangkuk oleh proses deep drawing, sehingga di peroleh analisis sistem kerja dari hidrolik nya dan analisa numeric pada flow control.

1.2.Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang dapat di rumuskan permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana cara kerja dari sistem hidrolik pada proses deep drawing dan berapa kecepatan aliran fluida pada flow control dengan variasi tekanan pada proses deep drawing.

1.3. Ruang lingkup

Ruang lingkup pada penulisan tugas akhir ini di tekankan pada kerja sistem hidrolik dan untuk mengetahui berapa kecepatan aliran fluida di dalam flow control pada proses deep drawing.

1.4. Tujuan

Tujuan dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk menentukan cara kerja sistem hidrolik pada proses deep drawing
2. Untuk menguji *flow control* pada proses deep drawing
3. Untuk membuktikan hasil analisa dengan simulasi pada *flow control*

1.5. Manfaat

Manfaat dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan informasi tentang pentingnya penerapan pada sistem hidrolik yang berkencendrungan di kendaraan dan di mesin – mesin press.
2. Bagi pembaca, dapat di jadikan sebagai masukan positif bagi yang ingin mempelajari dan menambah wawasan dalam bidang ilmu industri khususnya pada sistem hidrolik.
3. Mengenalkan ke masyarakat dengan alat mesin press *deep drawing*.
4. Mengenal, memahami dan mengetahui cara kerja sistem hidrolik dari mesin press *deep drawing*.

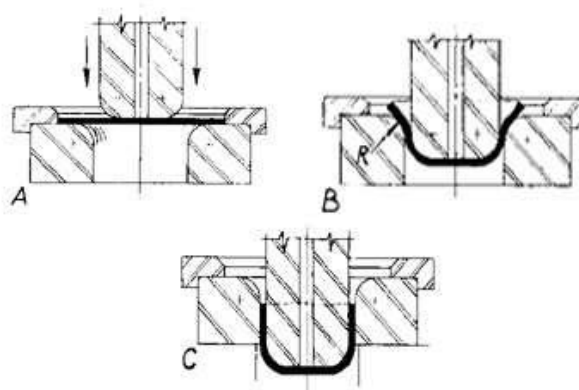
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1. 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 dies, bentuk akhir ditentukan oleh punch sebagai penekan dan die sebagai penahan benda kerja saat ditekan oleh punch. Pengertian dari sheet metal adalah lembaran logam dengan ketebalan maksimal 6 mm, lembaran logam (*Sheet Metal*) dipasaran 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 unntuk proses deep drawing seperti *Stainless Stell*, alumunium, tembaga, perak, emas, baja, maupu titanium. Gambaran lengkap proses deep drawing dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Proses *Deepdrawing*
(Sumber: D. Eugene Ostergaard, 1967)

Berikut adalah mekanisme proses deformasi dalam operasi penarikan:

- 1) *Punch* membuat penekanan awal benda kerja,
- 2) Lembaran mengalami pembengkokkan pada tepi *punch* dan tepi *die*
- 3) Penarikan lurus terhadap logam yang telah dibengkokkan sebelumnya untuk membentuk dinding silinder,
- 4) Terjadi gesekan dan kompresi antara logam lembaran dengan permukaan bantalan tekan (*blank holder*) dan flens bergerak masuk ke dalam die,
- 5) Gerakan *Punch* ke bawah menghasilkan aliran logam berlanjut sehingga diperoleh bentuk akhir dari cawan dengan penipisan dinding sesuai dengan *clearance* antara *die* dan *punch*.

2.2. Hidrolik

Sistem hidrolik teknologi yang bermanfaat pada fluida (zat cair) untuk melakukan segaris atau putaran. Dalam sistem hidrolik fluida digunakan sebagai penerus gaya. Prinsip dasar hidrolik jika suatu zat cair dikenakan tekanan, maka tekanan itu akan merambah ke segala arah dengan tidak bertambah atau berkurang kekuatannya (hukum Archimedes). Bentuk sifat zat cair menyesuaikan terhadap ruangan yang ditempatinya. zat cair mempunyai sifat tidak dikompresikan (*uncrompressible*), beda dengan gas yang dikompresikan.

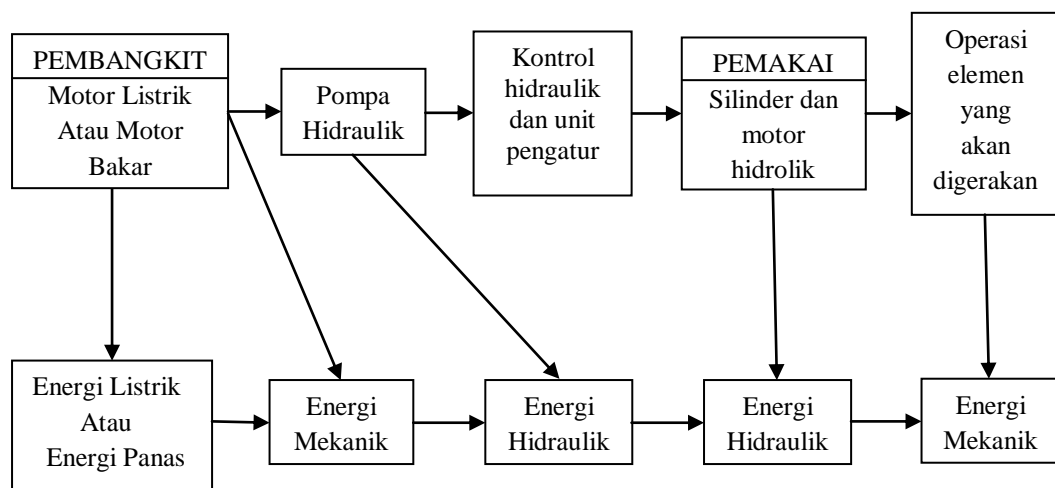
Seorang ilmuwan Prancis bernama Pascal menemukan prinsip dasar fluida yang ada kaitannya dengan cairan sebagai tenaga yang melipat gandakan gaya dan modifikasi gerakan – gerakan Pascal mengatakan bahwa tekanan yang diberikan pada suatu fluida akan diteruskan ke segala arah, bekerja dengan gaya yang sama besar pada luas yang sama dan bergerak ke arah tegak lurus terhadap titik – titik mereka bekerja.

Dan munculnya zaman teknologi terus berganti dari gaya fluida dengan sistem hidrolik yang menggantikan sistem elektrik. Aplikasi ini menggunakan oli sebagai pengganti air. Hal ini menjadi tonggak datangnya kembali fluida sebagai gaya hidrolik. Sebagian besar permesinan bekerja dengan prinsip hidrolik dengan oli sudah dikerjakan untuk meneruskan gaya. Ini telah sukses menggantikan penggerak mekanikal dan elektrikal.

2.3. Pengetian Sistem Hidrolik

Dalam sistem hidrolik punya peranan penting dalam suatu bidang industri dimana di dalam nya menggunakan sistem penerusan daya dengan menggunakan fluida cair. Dan minyak (petroleum oil) atau minyak sintesik yang sering disebut sebagai minyak hidrolik. Air juga dapat digunakan namun memiliki banyak ketebatasan. Beberapa apalikasi yang khusus bahkan menggunakan logam cair sebagai fluida kerja. Tekenologi tenaga fluida dapat secara efektif di kombinasikan dengan teknologi lain melalui sensor– sensor, transduser dan mikroprosesor.

Pada sistem hidrolik seperti gambar 2.2, banyak peralatan/mesin yang bekerja berdasarkan prinsip – prinsip statika fluida dan kinematika fluida dengan hukum pascal sebagai hukum utama.



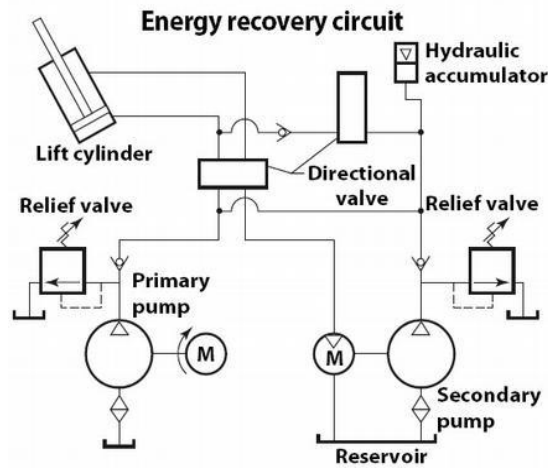
Gambar 2.2. Diagram Aliran Sistem Hidrolik

(Sumber: www.slideshare.net)

Sistem hidrolik biasanya biasanya sering di aplikasikan untuk memperoleh gaya yang lebih besar dari awal yang dikeluarkan. Fluida penegantar ini dinaikan tekanannyaoleh pompa yang kemudian diteruskan ke silinder kerja melalaui pipa-pipa dan katup – katupnya. Gerakan translasi batanmg piston dari silinder kerja yang di akibatkan oleh tekanan fluida pada ruang silinder dimanfaatkan unuk gerak maju dan mundur maupun naik dan turun sesuai dengan pemasangan silinder yaitu arah horizontal maupun vertikal.

2.3.1. Prinsip Kerja Sistem hidrolik

Cara garis besar kerja sistem hidrolik sendiri tidak lepas dari namanya hukum pascal. Dalam hukum pascal di nyatakan apabila sebuah cairan yang di masukan ke dalam sebuah ruangan dan ruangan itu diberi tekanan maka cairan tersebut akan menekan ke segala arah dengan besar tekanan yang sama. dan sistem hidrolik mempunyai komponen – komponen sangat penting dalam sistem hidrolik.



Gambar 2.3. Skema kerja sistem hidrolik
(Sumber: maskub.wordpress.com)

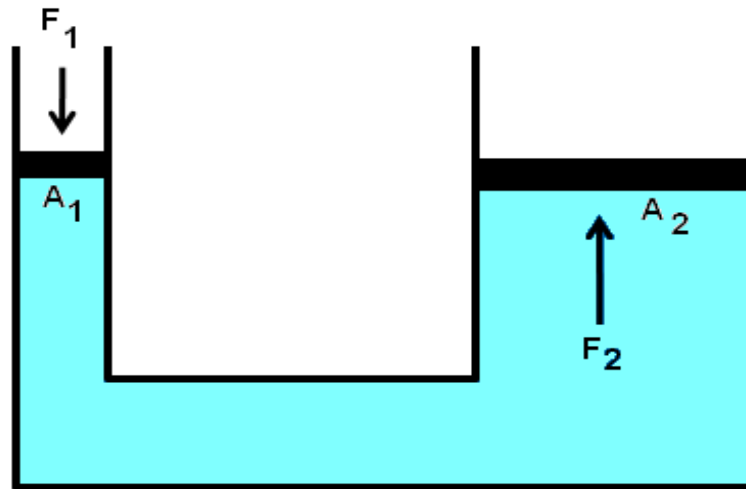
2.3.2. Dasar – Dasar Sistem Hidrolik

Prinsip dasar dari sistem hidrolik berasal dari hukum pascal, pada dasarnya menyatakan dalam suatu bejana tertutup yang ujungnya terdapat beberapa lubang yang sama maka akan dipancarkan kesegala arah dengan tekanan dan jumlah aliran yang sama. Tekanan dalam fluida statis harus mempunyai sifat – sifat sebagai berikut:

- a. Tidak punya bentuk yang tetap, selalu berubah sesuai dengan tempatnya.
- b. Tidak dapat dimanfaatkan.
- c. Meneruskan tekanan ke semua arah dengan sama rata.

Gambar 2.4, memperlihatkan duah buah silinder berisi cairan yang dihubungkan dan mempunyai diameter yang berberda. Aplikasi beban(F) diletakan di silinder kecil, tekanan (P) yang di hasilkan akan di teruskan ke linear besar ($P = F/A$, beban di bagi luas penampang silinder) menurut hukum ini,

pertambahan tekanan dengan luas rasio penampang silinder kecil dan besar, atau $F = P \times A$.



Gambar 2.4. Fluida dalam pipa menurut Hukum Pascal
(Sumber: putrarawit.wordpress.com)

Dimana :

F_1 = gaya masuk

F_2 = gaya keluar

A_1 = diameter piston kecil

A_2 = diameter piston besar

Persamaan di atas dapat diketahui berdasarkan F_2 dipengaruhi oleh besar kecilnya luas penampang dari piston A_2 dan A_1 . Dalam sistem hidrolik, hal ini dimanfaatkan untuk merubah gaya tekan fluida yang dihasilkan oleh pompa hidrolik untuk menggeserkan silinder kerja maju dan mundur maupun naik/turun sesuai letak dari silinder. Daya yang dihasilkan silinder kerja hidrolik, lebih besar dari gaya yang dikeluarkan oleh pompa. Besar kecilnya daya yang dihasilkan oleh silinder hidrolik dipengaruhi besar kecilnya luas penampang disilinder kerja hidroliknya.

2.4. Komponen – Komponen Penyusun Sistem Hidrolik

2.4.1. Motor

Motor berfungsi sebagai pengubah dari tenaga listrik menjadi tenaga mekanis. Dalam sistem hidrolik motor berfungsi sebagai penggerak utama dari semua komponen hidrolik. Kerja dari motor adalah dengan memutar poros pompa yang dihubungkan dengan poros input motor.



Gambar 2.5. Motor listrik

(Sumber: <https://taufiqsabirin.wordpress.com>)

2.4.2. Pompa Hidrolik

Pompa hidrolik ini digerakkan secara mekanis oleh motor listrik. Pompa hidrolik berfungsi untuk mengubah energi mekanik menjadi energi hidrolik dengan cara menekan fluida hidrolik ke dalam sistem. Dalam sistem hidrolik, pompa merupakan suatu alat untuk menimbulkan atau membangkitkan aliran fluida (untuk memindahkan sejumlah volume fluida) dan untuk memberikan daya sebagaimana diperlukan. Apabila pompa digerakkan motor (penggerak utama), pada dasarnya pompa melakukan dua fungsi utama :

- a. Pompa menciptakan kevakuman sebagian pada saluran masuk pompa. Vakum ini memungkinkan tekanan atmosfer untuk mendorong fluida dari tangki (*reservoir*).
- b. Gerakan mekanik pompa menghisap fluida dan membawanya melalui pompa, kemudian mendorong dan menekannya ke dalam sistem hidrolik.

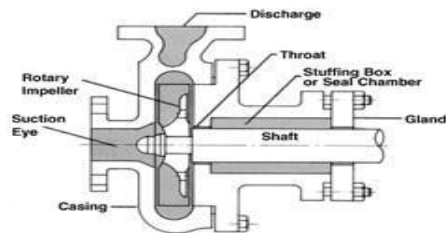
Pompa hidrolik dapat dibedakan atas :

2.4.2.1. Pompa *Vane*

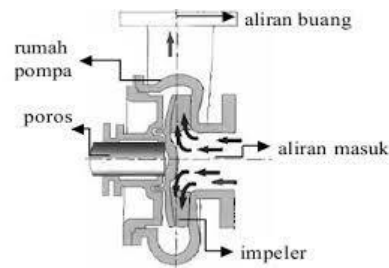
Ada beberapa tipe pompa, antara lain sebagai berikut.

a. Pompa *Single Stage*

Ada beberapa jenis pompa *displacement* (perpindahan) dan mereka banyak digunakan diantara tipelain sebagai sumber tenaga hidrolik.



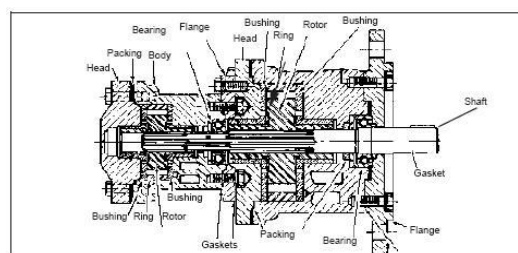
Gambar 2.6. Pompa *single stage* tekanan rendah
(Sumber: mechanic-mechanicalengineering.blogspot.com)



Gambar 2.7. pompa *single stage* tekanan tinggi
(Sumber: www.tneutron.net)

b. Pompa ganda (*double pump*)

pompa ini terdiri dari dua unit bagian operasi pada as yang sama dapat dijalankan dengan sendiri – sendiri dan dibagi menjadi dua tipe tekanan rendah dan tekanan tinggi.



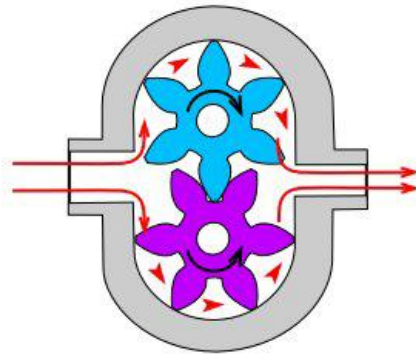
Gambar 2.8. pompa *double pump*
(Sumber: docplayer.info)

2.4.2.2. Pompa roda gigi (*gear pump*)

Adapun tipe – tipe pompa roda gigi adalah sebagai berikut.

a. Pompa roda gigi *external* (*external gear pump*)

Pompa ini mempunyai konstruksi yang sederhana, dan pengoperasiannya juga mudah. Karena kelebihan – kelebihan itu serta daya tahan yang tinggi terhadap debu, pompa ini dipakai dibanyak peralatan kontruksi dan mesin – mesin perkakas.



Gambar 2.9. External gear pump
(Sumber: hubspot)

b. Pompa roda gigi internal (*Internal Gear Pump*)

Pompa ini mempunyai keunggulan pulsasi kecil dan tidak mengeluarkan suara yang berisik. *Internal gear pump* dipakai di mesin *injection moulding* dan mesin perkakas. Ukurannya kecil dibandingkan *external gear pump*, dan ini memungkinkan dipakai di kendaraan bermotor dan peralatan lain yang hanya mempunyai ruangan sempit untuk pemasangan.



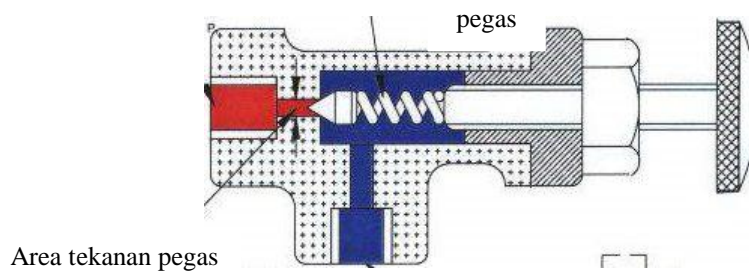
Gambar 2.10. internal gear pump
(Sumber: hubspot)

2.4.3. Katup (valve)

Dalam sistem hidrolis, katup berfungsi sebagai pengatur tekanan dan aliran fluida yang sampai ke silinder kerja. Menurut pemakaiannya, katup hidrolis dibagi menjadi tiga macam, antara lain :

1. katup Pengatur Tekanan (*Relief Valve*)

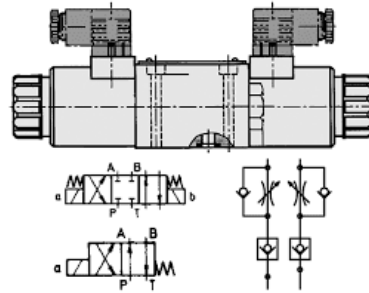
Katup pengatur tekanan digunakan untuk melindungi pompa – pompa dan katup – katup pengontrol dari kelebihan tekanan dan untuk mempertahankan tekanan tetap dalam sirkuit hidrolis minyak. Cara kerja katup ini adalah berdasarkan kesetimbangan antara gaya pegas dengan gaya tekan fluida. Dalam kerjanya katup ini akan membuka apabila tekanan fluida dalam suatu ruang lebih besar dari tekanan katupnya, dan katup akan menutup kembali setelah tekanan fluida turun sampai lebih kecil dari tekanan pegas katup.



Gambar 2.11. katup pengatur tekanan
(Sumber: directindustry.com)

2. Katup Pengatur Arah Aliran (*Flow Control Valve*)

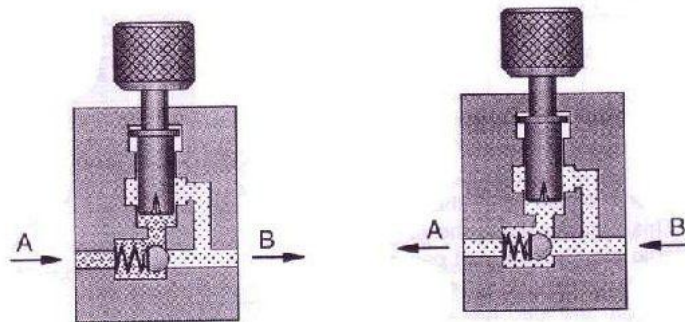
Katup pengontrol arah adalah sebuah saklar yang dirancang untuk menghidupkan, mengontrol arah, mempercepat dan memperlambat suatu gerakan dari silinder kerja hidrolis. Fungsi dari katup ini adalah untuk mengarahkan dan menyuplai minyak tersebut ke tangki *recervoir*.



Gambar 2.12. *Directional Control Valve*
 (Sumber: <https://pneumatichydraulics.blogspot.com>)

3. Katup Pengatur Jumlah Aliran (*Flow Control Valve*)

Katup pengontrol jumlah aliran adalah sebuah katup yang berfungsi untuk mengatur kapasitas aliran fluida dari pompa ke silinder, jumlah untuk mengatur kecepatan aliran fluida dan kecepatan gerak piston dari silinder. Dari fungsi diatas dapat diambil kesimpulan bahwa kecepatan gerak piston silinder ini tergantung dari berapa fluida yang masuk kedalam ruang silinder di bawah piston tiap satuan waktunya. Ini hanya mampu dilakukan dengan mengatur jumlah aliran fluidanya.



Gambar 2.13. katup pengatur arah aliran (*flow control*)
 (Sumber: directindustry.com)

2.4.4. Manometer (*Pressure Gauge*)

Biasanya pengatur tekanan dipasang dan dilengkapi dengan sebuah alat yang dapat menunjukkan sebuah tekanan fluida yang keluar. Prinsip kerja alat ini ditemukan oleh Bourdon yaitu : Oli masuk ke pengatur tekanan lewat lubang saluran P. Tekanan didalam pipa yang melengkung *Bourdon* menyebabkan pipa memanjang. Tekanan lebih besar akan mengakibatkan belokan radius lebih besar

pula. Gerakan perpanjangan pipa tersebut kemudian diubah ke suatu jarum penunjuk lewat tuas penghubung tembereng roda gigi dan roda gigi pinion. Tekanan pada saluran masuk dapat dibaca pada garis lengkung skala penunjuk. Jadi, prinsip pembacaan pengukuran tekanan manometer ini adalah bekerja berdasarkan atas dasar prinsip analog.



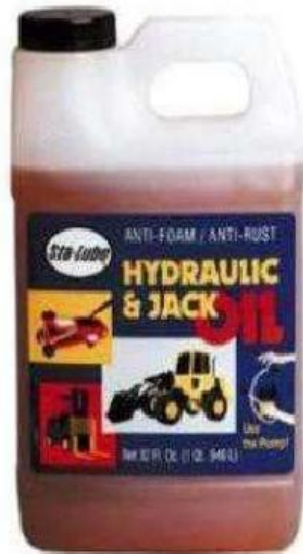
Gambar 2.14. manometer (Pressure Gauge)
(Sumber: teachingtegfation.files.wordpress.com)

2.4.5. Fluida Hidrolik

Minyak Hidrolik adalah salah satu unsur yang penting dalam peralatan hidrolik. Minyak hidrolik merupakan suatu bahan yang menghantarkan energi dalam peralatan hidrolik dan melumasi setiap peralatan serta sebagai media penghilang kalor yang timbul akibat tekanan yang ditingkatkan dan meredam getaran dan suara. Minyak hidrolik harus mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

- a. Mempunyai *viskositas* temperatur cukup yang tidak berubah dengan perubahan temperatur
- b. Mempertahankan *zminyak* pada temperatur rendah dan tidak berubah buruk dengan mudah jika dipakai dibawah temperatur
- c. Mempunyai stabilitas oksidasi yang baik
- d. Mempunyai kemampuan anti karat
- e. Tidak merusak (karena reaksi kimia) karat dan cat
- f. Tidak kompresibel (mampu merapat)
- g. Mempunyai tendensi anti *foaming* (tidak menjadi busa) yang baik

- h. Mempunyai ketahanan terhadap api



Gambar 2.15. Contoh minyak hidrolik
(Sumber: <https://www.jabetc.com/>)

Persyaratan yang harus dimiliki oleh fluida hidrolik adalah sebagai berikut:

- a. Memiliki sifat pelumas yang baik.
- b. Memiliki sifat viskositas yang merata.
- c. Tegangan permukaan fluida tidak boleh terlalu besar, agar terbentuknya buih dapat terbatas.
- d. Fluida hanya boleh membentuk emulsi dengan air hanya sedikit saja (> 1% volume).
- e. Memiliki kalor jenis yang tinggi.
- f. Kadar zat-zat padat dalam fluida tersebut harus seminimal mungkin.
- g. Tahan terhadap korosi.
- h. Tidak boleh terlalu cepat beroksidasi.
- i. Tahan terhadap penuaan.
- j. Anti terhadap pembentukan buih.
- k. Tahan terhadap api.
- l. Titik beku rendah.
- m. Tidak beracun.
- n. Tidak merusak material sistem.

- o. Tidak mudah menguap.

2.4.6. Panel Hidrolik

Panel listrik merupakan tempat pengaturan pembagi dan pemutusaliran listrik. Pintu panel adalah daun pintu yang terdiri dari beberapakeping papan kayu solid dirangkai oleh rangka/ram. Panel kontrol listrik adalah peralatan yang berfungsi untuk mengatur dan mengendalikan beban listrik yang menggunakan motor listrik sebagai penggerak. Pada umumnya pengontrolan di industri adadua jenis yaitu jenis manual dan jenis otomatis.

Pengontrolan manual adalah pengontrolan motor listrik yang dilayani dengan alat kontrol manual. Alat kontrol manual antara lain menggunakan: TPDT, Saklar pisau, Saklar On/Off. Pengontrolan tromol (Drum Controller) Pengontrolan otomatis adalah pengontrolan motor listrik yang menggunakan peralatan listrik tanpa melibatkan manual. Komponen dalam panel kontrol antaralain: saklar magnet/Magnetic Contactor, pengaman motor, Time Delay relay (TDR), tombol tekan ON (Push button on), tombol tekan OFF (Push button off), lampu indikator, konduktor/kabel, rel omega, rel sirip, terminal deret legrand. Pada panel box juga terdapat thermocontrol yang berfungsi sebagai pengatur suhu elemen panas pada bed mesin Press Hydraulic.



Gambar 2.16. Panel Listrik
(Sumber: 3.bp.blogspot.com)

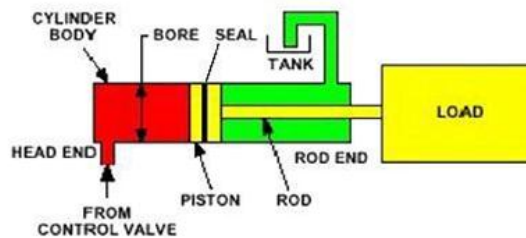
2.4.7. Silinder Kerja Hidrolik

Silinder kerja hidrolik merupakan komponen utama yang berfungsi untuk merubah dan meneruskan daya dari tekanan fluida, dimana fluida akan mendesak

piston yang merupakan satu-satunya komponen yang ikut bergerak untuk melakukan gerak translasi yang kemudian gerak ini diteruskan ke bagian mesin melalui batang piston. Menurut konstruksi, silinder kerja hidrolik dibagi menjadi dua macam tipe dalam sistem hidrolik, antara lain.

2.4.7.1. Silinder kerja penggerak tunggal (Single Acting Cylinder)

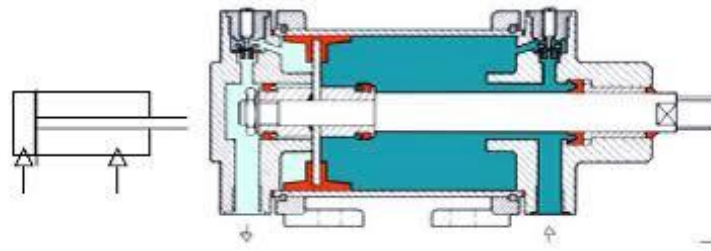
Silinder kerja penggerak tunggal hanya memiliki satu buah ruang fluida kerja didalamnya, yaitu ruang silinder di atas atau di bawah piston. Kondisi mengakibatkan silinder kerja hanya bisa melakukan satu buah gerakan, yaitu gerakan tekan. Sedangkan untuk kembali ke posisi semula, ujung batang piston didesak oleh gravitasi atau tenaga dari luar



Gambar 2.17. Konstruksi silinder kerja tunggal
(Sumber: [https:// 2.bp.blogspot.com/](https://2.bp.blogspot.com/))

2.4.7.2. Silinder kerja penggerak ganda (*Double Acting Cylinder*)

Silinder kerja penggerak ganda merupakan silinder kerja yang memiliki dua buah ruang fluida didalam silinder yaitu ruang silinder di atas piston dan di bawah piston, hanya saja ruang di atas piston lebih kecil bila dibandingkan dengan yang di bawah piston karena sebagian ruangnya tersita oleh batang piston. Dengan konstruksi tersebut silinder kerja memungkinkan untuk dapat melakukan gerakan bolak-balik atau maju-mundur



Gambar 2.18. Silinder Kerja Penggerak Ganda
(Sumber: info-elektro.com)

2.4.8. Pipa Saluran Fluida

Pipa merupakan salah satu komponen penting dalam sebuah sistem hidrolis yang berfungsi untuk meneruskan fluida kerja yang bertekanan dari pompa pembangkit ke silinder kerja. Mengingat kapasitas yang mampu dibangkitkan oleh silinder kerja, maka agar maksimal dalam penerusan fluida kerja bertekanan, pipa-pipa harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- a) Mampu menahan tekanan yang tinggi dari fluida.
- b) Koefisien gesek dari dinding bagian dalam harus sekecil mungkin.
- c) Dapat menyalurkan panas dengan baik.
- d) Tahan terhadap perubahan suhu dan tekanan.
- e) Tahan terhadap perubahan cuaca.
- f) Berumur relatif panjang.
- g) Tahan terhadap korosi.






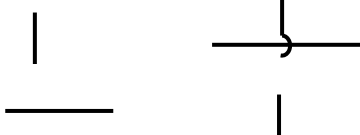
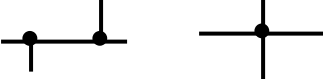
Gambar 2.19. Selang Hidrolis
(Sumber: <https://indonesian.alibaba.com/>)

2.5. Istilah dan Lambang Dalam Sistem Hidrolik

Dalam pembuatannya, rangkaian sistem hidrolik diperlukan banyak komponen penyusunnya dan apabila dilakukan langsung dalam lapangan akan memakan waktu yang cukup lama. Oleh karena itu, pada sistem hidrolik terdapat lambang – lambang atau tanda penghubung sistem hidrolik yang dikumpulkan dalam lembar norma DIN 24300 (1966). Tujuan lambang atau simbol yang diberikan pada sistem hidrolik adalah:

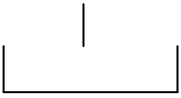
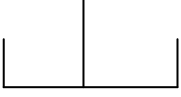
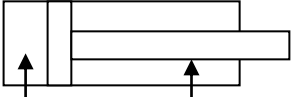
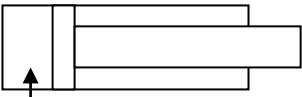
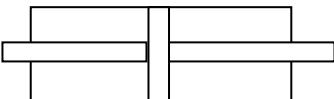

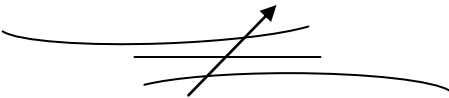
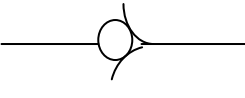
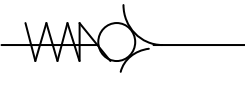
- Memberikan suatu sebutan yang seragam bagi semua unsur hidrolik.
- Menghindari kesalahan dalam membaca skema sistem hidrolik.
- Memberikan pemahaman dengan cepat laju fungsi dari skema sistem hidrolik.
- Menyesuaikan literatur yang ada dari dalam negeri maupun luar negeri

Tabel 2.1. Simbol – simbol pada saluran

Lambang	Keterangan
	Saluran pengisian dan saluran kerja
	Saluran pengendali atau saluran buang
	Saluran fleksibel selang, pipa spiral, dan sebagainya
	Penyilangan saluran tidak terhubung
	Penyilangan saluran terhubung

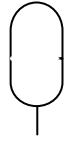
(Sumber: pakilyas.blogspot.com)

Tabel 2.2. Beberapa lambang komponen penyusun dalam sistem hidrolik

Lambang	Keterangan
	Saluran buang ke resevoir
	Saluran dari resevoir
	Saluran penggerak ganda (double acting)
	Silinder penggerak tunggal (single acting)
	Silinder penggerak ganda dengan dua batang piston
	Motor listrik
	Katup pengatur tekanan
	Katup satu arah
	

Katup satu arah dengan menggunakan

Pegas



Akumulator


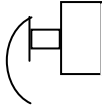
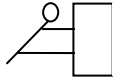
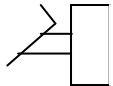
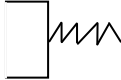
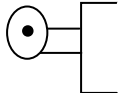
(Sumber: pakilyas.blogspot.com)

Tabel 2.3. Penomoran Lubang Saluran :

Lubang /sambungan	DIN/ISO 5599	Sistem Huruf
Lubang tekanan	1	P
Lubang keluaran	2, 4	B, A
Lubang keluaran	3 (katup 3/2)	R (katup 3/2)
Lubang pembuangan	5 ,3 (katup 5/2)	R ,S (katup 5/2)
Saluran pengaktifan:		
Membuka aliran 1 ke 2	12 (katup 3/2)	Z (katup 3/2)
Membuka aliran 1 ke 2	12 (katup 5/2)	Y (katup 5/2)
Membuka aliran 1 ke 4	14 (katup 5/2)	Z (katup 5/2)

(Sumber: slideshare.net)

Tabel 2.4. Metode Pengaktifkan :

Jenis Pengaktifkan	Keterangan
Mekanik ;	
	Operasi tombol
	Operasi tombol
	Operasi tuas
	Operasi pedal kaki
	Pegas mengembalikan ke posisi semula
	Operasi rol

(Sumber: katronika08.blogspot.com)

2.6. Penyebab – Penyebab kerusakan sistem hidrolik

Ada beberapa contoh kerusakan pada sistem hidrolik:

1. Pompa hidrolik

pompa hidrolik merupakan salah satu alat vital pada sistem hidrolik tanpa adanya pompa maka aliran oli hidrolik yang merupakan sumber tenaga tidak akan dapat mengalir

2. Oli berkurang

Disebabkan oleh terjadinya adanya kebocoran yang tidak terkontrol, sehinggalah tanpa kita ketahui ternyata oli yang terdapat pada tangki sudah mengalami penyusutan.

3. Oli kotor

Oli yang menjadi sumber utama bagi sistem hidrolik terkadang sering lupa untuk mengeceknya sehingga oli menjadi kotor dan dapat mnyumbat piston pompa sehingga kinerja pompa hidrolik menjadi tidak semaksimal mungkin.

4. Terdapat gram dari silinder hidrolik yang rusak

Silinder yang sudah maasa pakai cukup lama akan menimbulkan gram di silinder hidrolik nya akan mengasilkan gram dan gram ini akan masuk ke dalam saluran hidrolik dapat mengakibatkan akan tersumbatnya pada pompa hidrolik.

5. Setting pressure

Sering terjadinya kesalahan pada langka seting sebelum pemakaian akibat seting pressure yang melebihi batas sering terjadinya , dan dapat mengakibatkan kinerja pompa hidrok menjadi tidak maksimal.

6. Rpm engine

Pada putaran motor (rpm engine) yang tidak stabil akan sangat berpengaruh pada kinerja pompa hidrolik, dapat menjadi laun akan terjadi nya kerusakan pada pompa hidrolik.

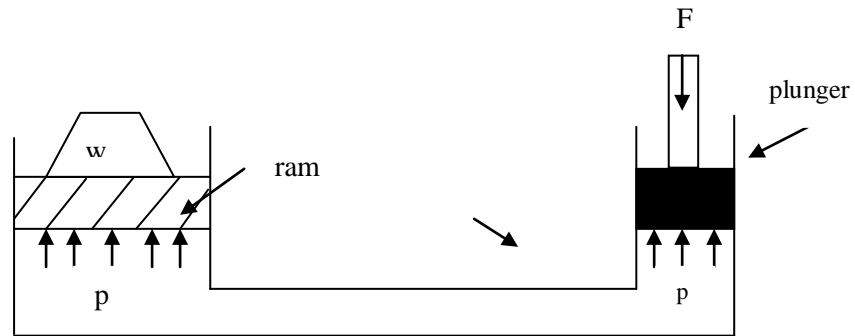
7. Masa pakai (lifetime) seal

Seal atau pelindung dari bahan dasar karet , seperti yang di ketahui bahwa bahan dasar karet mempunyai ketebatasan atau masa pakai.

8. Perputaran motor yang salah

Sistem hidrolik selain menggunakan engine untuk menggerkan pompa yang menggunakan motor listrik. perputaran motor listrik yang biasa terjadi karena perputaran motor salah bisa menyebabkan terjadinya keruskan pada pompa.

2.7. Rumus yang digunakan pada sistem hidrolis



Gambar 2.20. Prinsip kerja press hidrolis

Gambar 2.20. sesuai dengan hukum Pascal, intensitas tekanan pada ram :

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

sehingga

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

2.7.1. Menentukan luasan piston/torak

Tekanan fluida P dari pompa akan bekerja pada luasan piston A untuk menghasilkan gaya yang diperlukan menggerakkan beban F .

$$P \cdot A = F \text{ sehingga } A = \frac{F}{P} \quad (2.3)$$

Luas penampang torak (A)

$$A = \frac{\pi \cdot (d_1)^2}{4} \quad (2.4)$$

Luas penampang batang torak

$$A = \frac{\pi \cdot (d_2)^2}{4} \quad (2.5)$$

Luas penampang kerja / analus area (A_R) = $A - A_r$

$$A = \frac{\pi \cdot (d_1^2 - d_2^2)}{4} \quad (2.6)$$

Tabel 2.5. Faktor K untuk Katup dan Fitting

Valve or fitting	Faktor K
Globe Valve : wide open	10
1/2 open	
Gate Valve : wide open	12.5
3/4 open	0.19
1/2 open	0.9
1/2 open	4.5
3/4 open	24
Return Bend	2.2
Standard Bend	1.8
Standard Elbow	0.9
45%	0.42
90%	0.75
Bali Check Valve	4

(Sumber: katronika08.blogspot.com)

2.7.2. Debit Aliran Rata-Rata

mencari aliran rata – rata al dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

$$Q = \frac{V \cdot n \cdot \eta_{vol}}{1000} \quad (2.7)$$

2.7.3. Gaya dorong torak

Adapun gaya dorong yang di analisa adalah sebagai berikut.

- a. Gaya dorong maju (F_D)

$$F_D = \frac{\pi \cdot p \cdot d_1^2}{4} \quad (2.8)$$

- b. Gaya dorong mundur (F_Z)

$$F_Z = \frac{\pi \cdot p \cdot (d_1^2 - d_2^2)}{4} \quad (2.9)$$

2.7.4. Waktu langkah yang dibutuhkan

Adapun waktu langkah yang dibutuhkan adalah sebagai berikut.

- a. Langkah turun

$$t = \frac{A \cdot h \cdot 60}{Q \cdot 1000} \quad (2.10)$$

- b. Langkah naik

$$t = \frac{A_R \cdot h \cdot 60}{Q \cdot 1000} \quad (2.11)$$

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, Unigrapich, Autodeks, Autocad dan Catia*, dengan harga yang lebih murah.

Solidwork corporation didirikan pada tahun 1993 oleh *Jon Hirsctick*, dengan merekrut tim insinyur untuk membangun sebuah perusahaan yang mengembangkan perangkat lunak CAD 3D, dengan kantor pusatnya di *Concord, Massachusetts*, dan merilis produk pertama *solidwork 95*, pada tahun 1995. Pada tahun 1997 *Dassault Systemes*, yang terkenal dengan *Catia CAD software*, mengakuisisi perusahaan dan sekarang memiliki 100% dari saham *solidwork*. *Solidwork* dipimpin oleh *Jhon McEleney* dari tahun 2001 hingga juli 2007, dan sekarang dipimpin oleh *Jeff Ray*. Saat ini banyak industri manufaktur yang sudah memakai *software* ini, menurut informasi WIKI, *solidwork* saat ini digunakan oleh lebih dari ¾ juta insinyur dan desainer di lebih dari 80.000 perusahaan di seluruh dunia.

2.9. Metode Numerik

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

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

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

Adapun kelemahan metode ini antara lain :

- 1) Nilai yang diperoleh berupa pendekatan atau hampiran

- 2) Tanpa bantuan komputer, proses perhitungan akan berlangsung lama dan berulang – ulang.

2.9.1. Perbedaan antara Metode Numerik dan Analitik

Perbedaan antara metode numerik dan analitik dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Solusi metode numerik selalu berbentuk angka, sedangkan solusi metode analitik dapat berbentuk fungsi matematik yang selanjutnya dapat dievaluasi untuk menghasilkan nilai dalam bentuk angka.
2. Solusi dari metode numerik berupa hampira, sedangkan metode analitik berupa solusi sejati. Kondisi ini berakibat pada nilai error metode analitik adalah 0, sedangkan metode numerik $\neq 0$.
3. Metode analitik cocok untuk permasalahan dengan model terbatas dan sederhana, sedangkan metode numerik cocok dengan semua jenis permasalahan.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1. Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

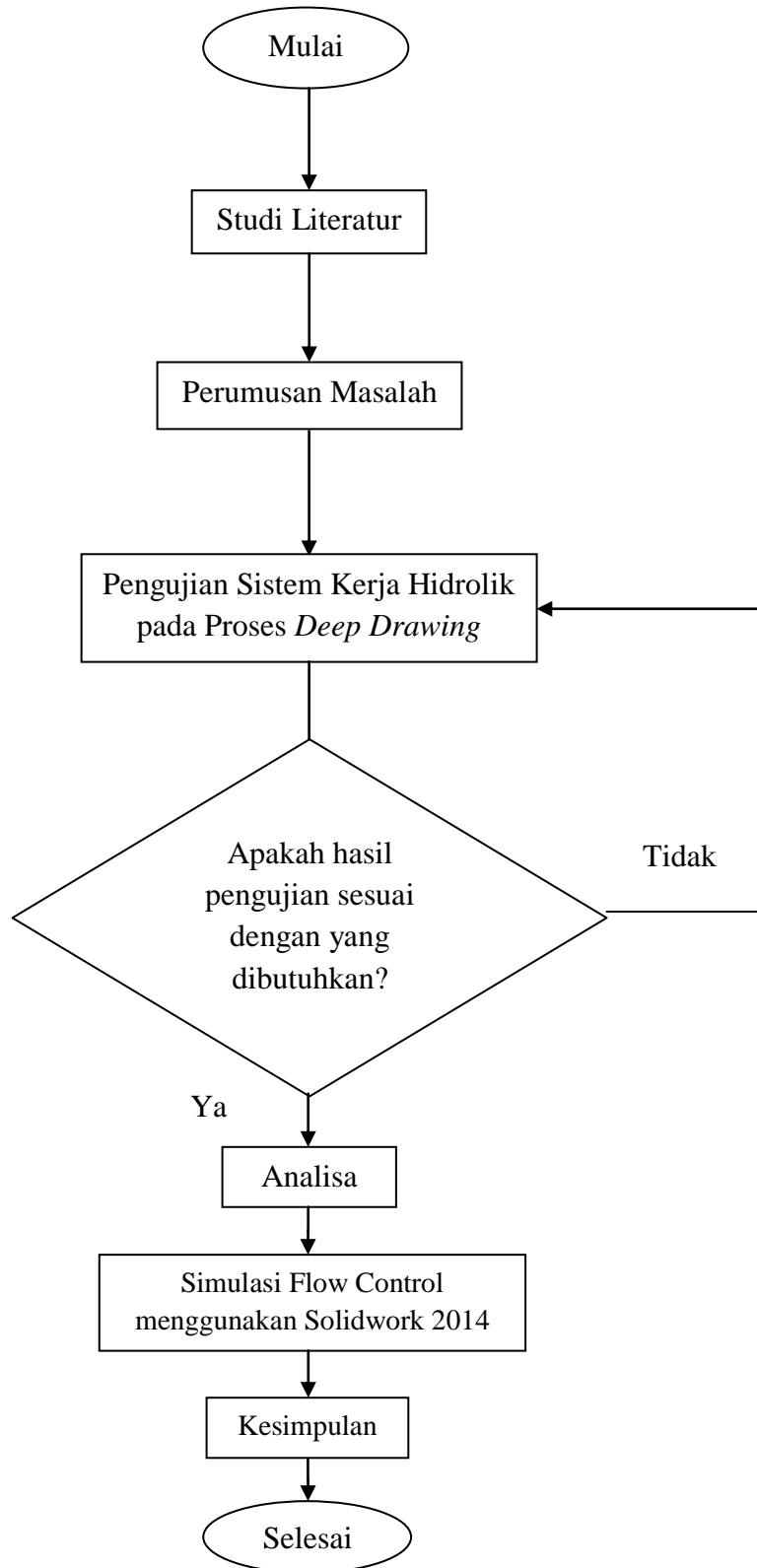
3.1.2. Waktu Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian dimulai dari Januari/ Juni 2020

Tabel 3.1. Jadwal Waktu Dan Kegiatan Penelitian

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

3.2. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

3.3. Bahan Dan Alat Yang Digunakan

3.3.1. Bahan Yang Digunakan

Adapun bahan yang digunakan untuk menganalisa dan melakukan pengujian sistem kerja hidrolik pada proses deep drawing yaitu :

a. Mesin Deep Drawing

Mesin Deep Drawing yang digunakan pada pengujian ini adalah mesin Deep Drawing pencetak mangkuk dan cup. Adapun Spesifikasi dari mesin Deep Drawing ini adalah :

Tabel 3.2. Spesifikasi Mesin

No	Nama	Spesifikasi
1	Motor	Famozapro , type Gmyl - 90L2 - 4 B3, 1.5 kW, 2 HP, 1410 r/min, 50 Hz, 220 V, η 74 %, IP 55, 9.7 A, Cos \varnothing 0.95, 16 Kg, SINGLE PHASE ASYNCHRONOUS MOTOR
2	Pompa	Jaguar Displacement 3ml/r, Diameter Shaft 12.7mm, Inlet G1/2" , Outlet G3/8", Max. Pressure 250 bar, Continues Pressure 200 bar
3	Pressure Gauge	Jaguar, AT-2,5" 0-250 Bar, with glyseryn (opsional) u/ menahan getaran, ukuran : 2.5" (63 mm), range : 250 bar (Kg/Psi) 3500Psi, model : Raket
4	Tangki	20 liter
5	Katup Selenoid	Jaguar, max. Flow 63 L/min, Max. Pressure 315 bar
6	Selang	SAE R1 AT 3/8 180 BAR
7	Hidrolik	3 buah, kapasitas hidrolik utama 5 ton, hidrolik pada blank holder masing – masing 1 ton

- 8 Punch Tinggi : 280 mm, Diameter dalam : 89 mm, Diameter luar : 127 mm, tebal : 16.1 mm, kedalaman : 67,4 mm
- 9 Dies Tinggi : 78.1 mm, D_1 : 86.5 mm, D_2 : 81.5, D_3 : 74.4 mm



Gambar 3.2. Mesin Deep Drawing

3.3.2. Alat Yang Digunakan

Adapun peralatan yang digunakan untuk melakukan pengujian sistem kerja hidrolik adalah :

a. Jangka Sorong

Jangka sorong berfungsi untuk mengukur diameter silinder hidrolik, tabung silinder hidrolik, dan diameter selang. Adapun jangka sorong yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3. Jangka Sorong

b. Pressure Gauge

Pressure gauge berfungsi untuk mengukur tekanan saat melakukan pengujian pada sistem hidrolik. Pressure gauge dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4. Pressure Gauge

c. Laptop

Fungsi laptop ini adalah alat untuk merancang *Blank Holder* dan komponen pendukung lainnya pada proses *Deep Drawing*, spesifikasi laptop yang digunakan adalah sebagai berikut.

1. Processor : Intel (R) Core (TM) i3-4005U CPU @1.70GHz 1.70 GHz
2. RAM : 2.00 GB

3. Operating system : Windows 7 Profesional 64-bit operating system



Gambar 3.5. Laptop

d. *Software Solidworks*

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

1. Processor : Intel (R) or AMD (R) Support 64-bit Operation System
2. RAM : 2 GB



Gambar 3.6. Tampilan *Software Solidworks* 2014

3.4. Cara Kerja Mesin Deep Drawing

1 Posisi Netral :

Fluida yang di hisap oleh pompa di salurkan melalui regef kemudian kembali ke resevoir karena kontrol elektrik belum dioperasikan

2 Langkah Maju :

Motor yang telah digerakan oleh pompa sehingga pompa dapat mengisap fluida kedalam reservoir, kemudian pompa mengalirkan fluida melalui regef

valve, kemudian mengalir ke katup pengatur aliran melalui saluran P dan keluar melalui saluran A (1,2,3) sehingga fluida dapat mendorong maju selinder dan fluida yang terdorong akan keluar dan kembali melewati saluran B (1,2,3) dan keluar melalui saluran T pada katup pengarah aliran dan fluida tersebut kembali ke tangki.

3 Langkah Mundur :

Kontrol elektrik dioperasikan ke kiri sehingga fluida yang disalurkan oleh pompa akan mengalir melalui saluran P dan keluar melewati saluran B (1,2,3) sehingga fluida akan mendorong torak untuk mundur. fluida yang terdorong oleh selinder akan keluar melewati saluran A (1,2,3) dan keluar melalui saluran T pada katup pengatur aliran sehingga fluida kembali ke tangki.

3.5.Menganalisa Sistem kerja Hidrolik Pada Proses Deep Drawing

Dengan Waktu Yang Dibutuhkan Langkah Naik Dan Turun Pada Silinder Hidrolik.

3.5.1.Langkah-langkah Yang Dilakukan Dalam Menganalisa Sistem Hidrolik Pada Proses Deep Drawing

Adapun yang akan dilakukan sebelum dan sesudah pengambilan data adalah:

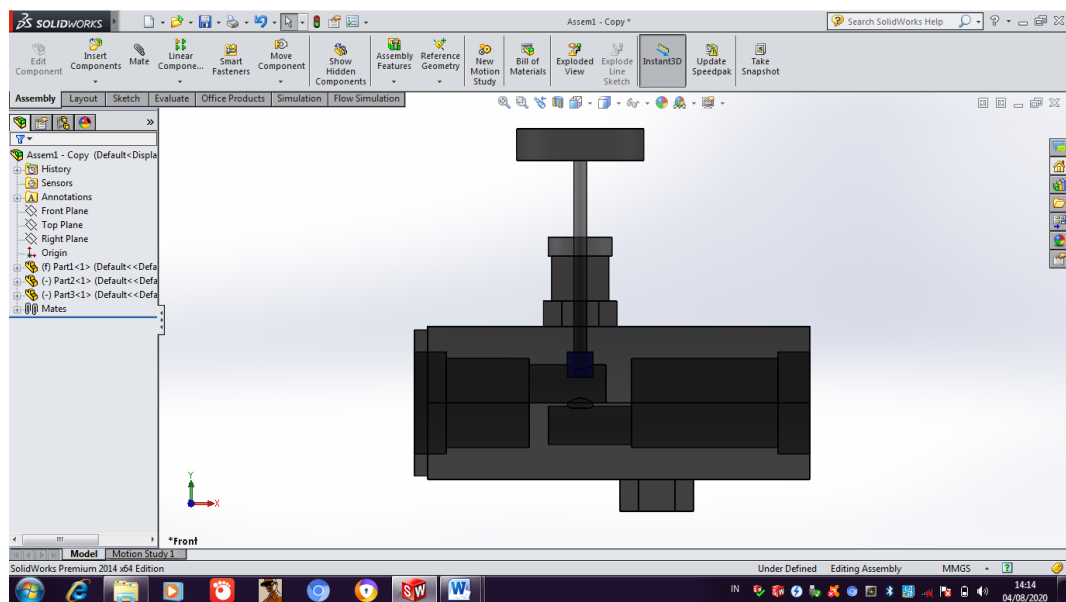
- a. Cek semua sistem yang ada pastikan selang dan tangki hidrolik tidak ada yang bocor
- b. pasang manometer diantara Relif Valve (katup pengantar tekanan) dan Hand Control valve (katup pengontrol aliran)
- c. Hidupkan motor beberapa saat untuk pemeriksaan apakah terjadi kebocoran atau ada kerusakan pada sistem, apabila tidak ada kebocoran atau kerusakan pada sistem maka pengambilan data siap dilaksanakan
- d. Selain untuk mengecek apakah terjadi kebocoran pada saluran-saluran, menghidupkan mesin beberapa saat sebelum dilakukan pengujian berfungsi untuk mengilangkan gelembung-gelembung udara yang ikut terbawa saat awal mesin dioperasikan

- e. Sebelum melakukan pengambilan data setel selector pada Relif Valve (katup pengontrol tekanan) pada tekanan 7,5 bar untuk mengetahui berapa besar gaya dorong yang dihasilkan oleh silinder hidrolik tersebut
- f. Setelah semua sistem dianggap aman di operasikan maka pengambilan data siap dilakukan
- g. Untuk memperoleh hasil data yang akurat, lakukan percobaan atau pengujian secara berulang-ulang minimal sebanyak tiga kali dengan tebal spesimen yang berbeda.

3.6. Langkah Simulasi

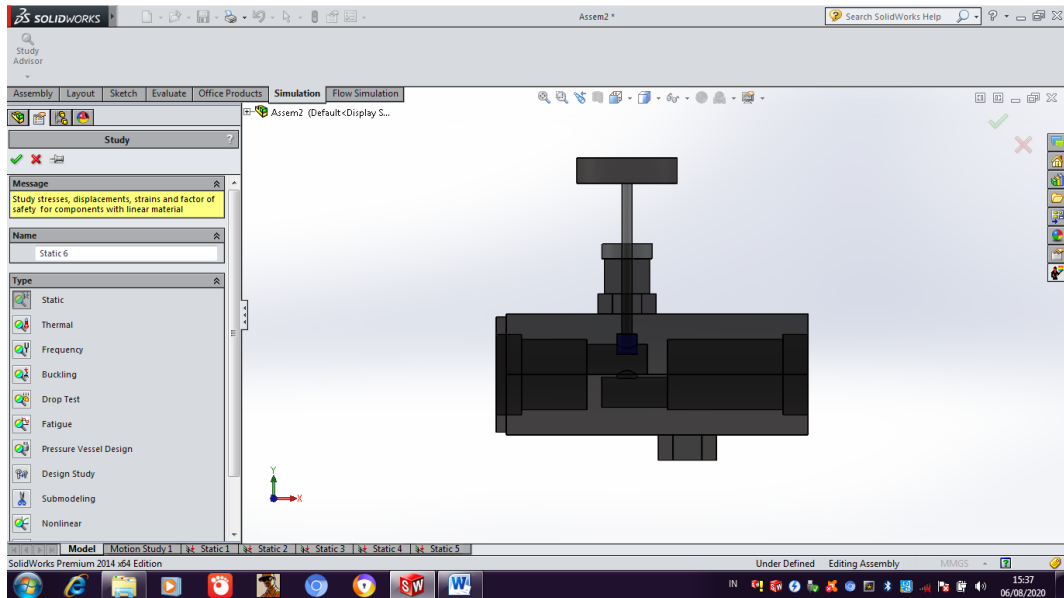
Adapun langkah – langkah dalam melakukan simulasi *flow control* pada *software solidwork 2014* adalah sebagai berikut :

1. Membuka komponen yang telah di *assembly*, dengan cara klik open pada menu bar lalu pilih folder penyimpanan, pilih file yang telah di *assembly* lalu klik open



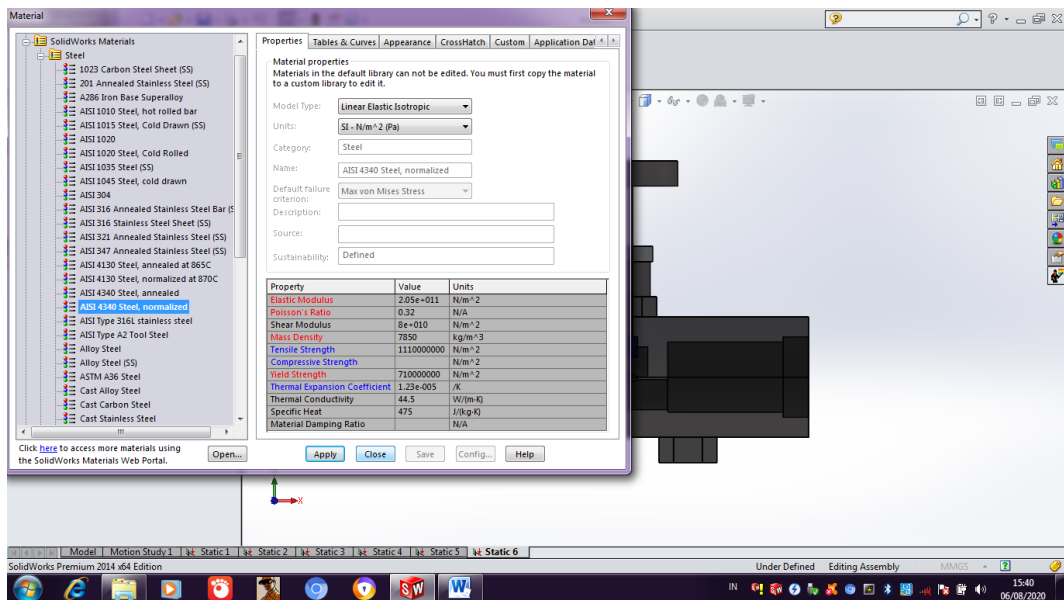
Gambar 3.7. Langkah 1

2. Setelah itu klik *simulation*, lalu klik tanda panah ke bawah di *study advisor* lalu *new study*. Klik static, lalu klik ceklis.



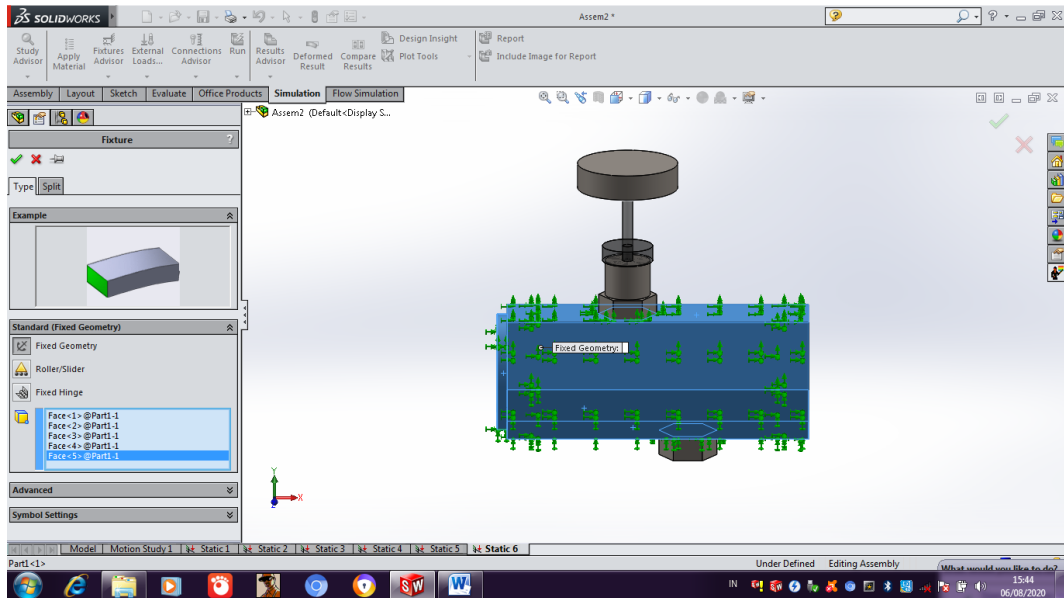
Gambar 3.8. Langkah 2

3. Selanjutnya klik kanan pada part, lalu klik *apply material to all*. klik material yang akan digunakan setelah itu klik *apply* lalu klik *close*.



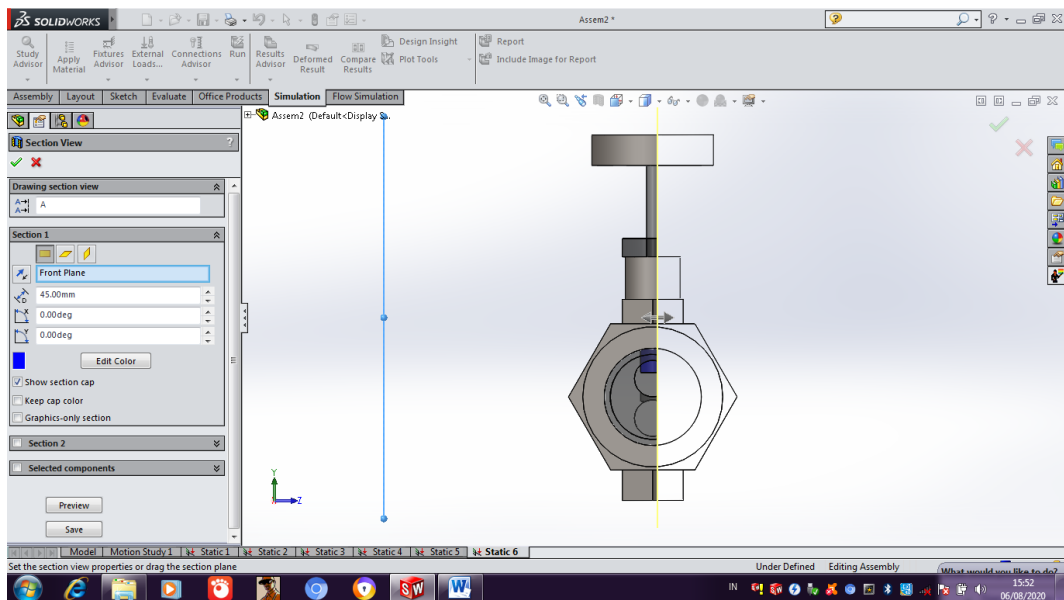
Gambar 3.9. Langkah 3

4. Kemudian klik kanan pada *fixtures*, lalu klik *fixed geometry*. Klik permukaan yang akan dijadikan *fixed geometry* lalu klik ceklis.



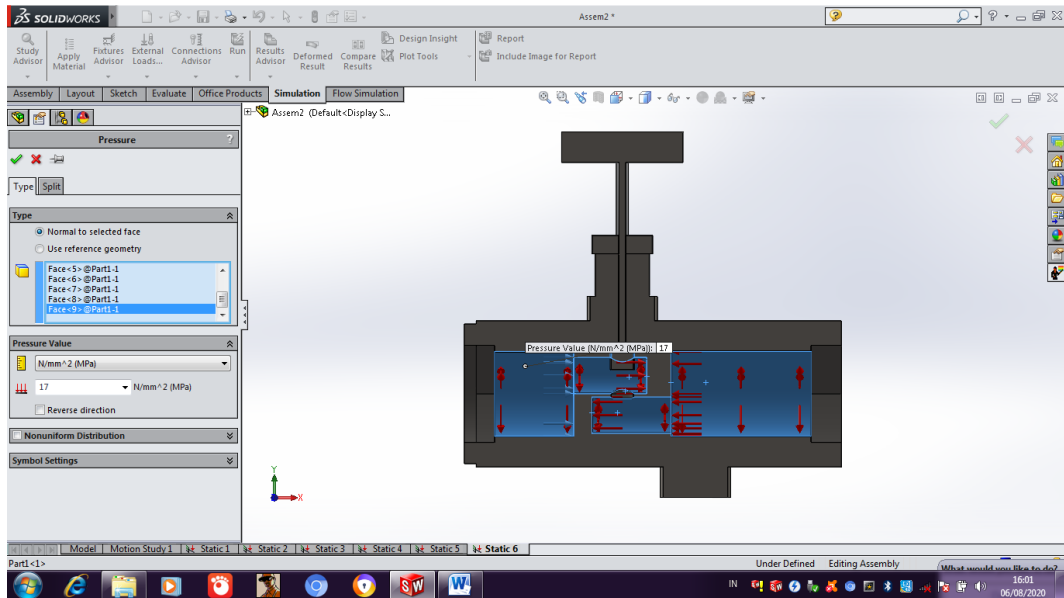
Gambar 3.10. Langkah 4

5. Selanjutnya klik *section view*, kemudian atur pandangan agar mempermudah untuk meletakkan posisi *external load* nya, lalu klik ceklis.



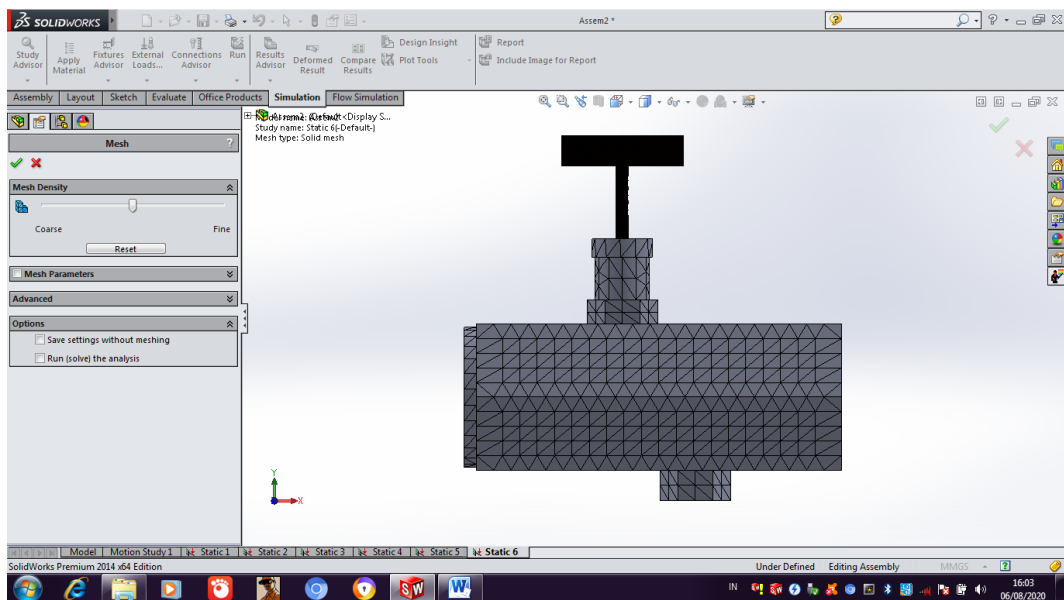
Gambar 3.11. Langkah 5

6. Selanjutnya klik kanan pada *external load*, lalu klik *pressure*. Setelah itu klik permukaan yang akan diberi tekanan, lalu masukkan nilai tekanannya, kemudian klik ceklis.



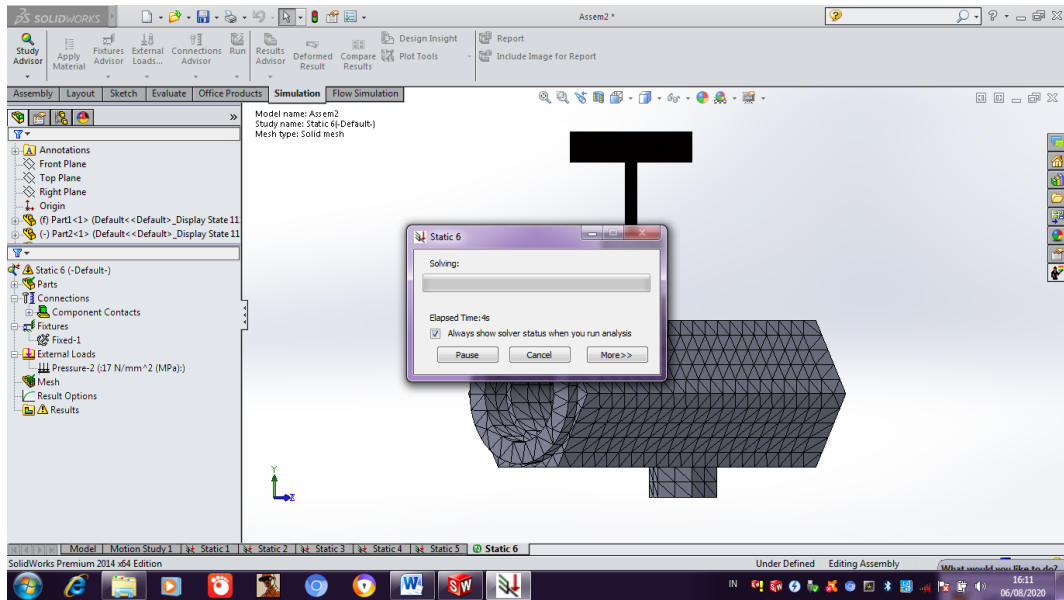
Gambar 3.12. Langkah 6

7. Setelah itu klik kanan pada mesh, lalu klik *create mesh*, lalu klik ceklis.



Gambar 3.13. Langkah 7

8. Klik run, lalu tunggu proses solving data hingga selesai.



Gambar 3.14. Langkah 8

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Analisa

Dalam analisa sistem hidrolik pada mesin *Deep Drawing* ini, tekanan untuk hidrolik dibatasi dengan menggunakan *flow control valve* yang bertujuan untuk membagi fluida pada setiap hidrolik secara merata. Adapun hasil perhitungan pada analisa sistem hidrolik pada mesin *deep drawing* ini adalah sebagai berikut.

4.1.1. Debit Pompa/Aliran rata – rata (Q)

Untuk mencari debit pompa, maka harus diketahui beberapa hal seperti dibawah ini.

Diketahui :

Volume fluida yang dipindahkan (V)	= 3 cm ³
Spesifikasi Pompa	= HGP – 1A – F3R – AR
Putaran Pompa	= 1410 rpm
η_{vol} (efisiensi pompa)	= 74%
Tekanan Pompa (P)	= 250 bar = 25 N/mm ²

Untuk mencari debit pompa digunakan rumus sebagai berikut:

$$Q = \frac{V \cdot n \cdot \eta_{vol}}{1000}$$

$$Q = \frac{3 \cdot 1410 \cdot 0,74}{1000}$$

$$Q = 3,13 \text{ L/menit}$$

4.1.2. Perhitungan Luas Penampang

Pada perhitungan silinder hidrolik ini yang akan dihitung adalah luas penampang torak (A), luas penampang batang torak (A_r), luas penampang kerja atau anulus kerja (A_R). Pada mesin *deep drawing* yang akan dianalisa terdapat tiga hidrolik, yang mana satu hidrolik berfungsi untuk menggerakkan cetakan dan dua hidrolik berfungsi untuk menggerakkan pelat *blank holder*, tetapi disini penulis

akan menganalisa sistem hidrolis yang digunakan untuk menggerakkan pelat *blank holder* dengan kapasitas setiap hidrolis sebesar 1 ton. Hidrolis yang digunakan untuk menggerakkan pelat hidrolis ini memiliki spesifikasi yang sama.

Diketahui :

Diameter torak (d_1)	= 30 mm	= 3 cm
Diameter batang torak (d_2)	= 20 mm	= 2 cm
Panjang langkah (h)	= 265 mm	= 26,5 cm

1. Luas Penampang Torak (A)

$$A = \frac{d_1^2 \cdot \pi}{4}$$

$$A = 0,785 \cdot d_1^2$$

$$A = 0,785 \cdot 3^2$$

$$A = 7,065 \text{ cm}^2$$

Jadi, luas penampang torak adalah $7,065 \text{ cm}^2$

2. Luas Penampang Batang Torak (A_r)

$$A_r = \frac{d_2^2 \cdot \pi}{4}$$

$$A_r = 0,785 \cdot d_2^2$$

$$A_r = 0,785 \cdot 2^2$$

$$A_r = 3,14 \text{ cm}^2$$

Jadi, luas penampang batang torak adalah $3,14 \text{ cm}^2$

3. Luas penampang kerja / analus kerja (A_R)

$$A_R = \frac{(d_2^2 - d_1^2) \cdot \pi}{4}$$

$$A_R = 0,785 \cdot (d_2^2 - d_1^2)$$

$$A_R = 0,785 \cdot (3^2 - 2^2)$$

$$A_R = 3,925 \text{ cm}^2$$

4. Luas Penampang *Flow Control*

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

$$A = \frac{14^2 \cdot 3,14}{4}$$

$$A = 153,86 \text{ mm}^2$$

4.1.3. Gaya dorong pada torak

Gaya dorong pada torak adalah gaya yang diterima torak pada saat langkah naik dan turun, dengan tekanan (p) yang distel menggunakan *flow control valve* adalah 250 bar atau sama dengan 25 N/mm².

1. Gaya dorong turun (F_D)

$$F_D = 0,785 \cdot P \cdot d_1^2$$

$$F_D = 0,785 \cdot 25 \cdot 3^2$$

$$F_D = 176,625 \text{ N}$$

2. Gaya dorong naik (F_Z)

$$F_Z = 0,785 \cdot P \cdot (d_1^2 - d_2^2)$$

$$F_Z = 0,785 \cdot 25 \cdot (3^2 - 2^2)$$

$$F_Z = 98,125 \text{ N}$$

4.1.4. Waktu langkah yang dibutuhkan (t)

Waktu langkah yang dibutuhkan adalah berapa waktu yang dibutuhkan untuk torak pada saat naik dan turun.

1. Langkah turun

$$t = \frac{A \cdot h \cdot 60}{Q \cdot 1000}$$

$$t = \frac{7,065 \cdot 26,5 \cdot 60}{3,13 \cdot 1000}$$

$$t = \frac{11233,35}{3130}$$

$$t = 3,59 \text{ detik}$$

2. Langkah naik

$$t = \frac{A_R \cdot h \cdot 60}{Q \cdot 1000}$$

$$t = \frac{6240,75}{3130}$$

$$t = 1,99 \text{ detik}$$

Jadi, waktu yang dibutuhkan untuk satu kali langkah kerja adalah $3,58 + 1,99 = 5,57$ detik.

4.2. Pembahasan

Dari hasil penelitian yang penulis lakukan menghasilkan :

1. Penggerak utama dari mesin *deep darwing* adalah motor listrik, motor ini berfungsi sebagai sumber tenaga utama untuk menggerakkan komponen hidrolik.
2. Waktu yang dibutuhkan untuk langkah turun dan naik memiliki perbedaan, langkah naik lebih cepat.
3. Jumlah debit fluida yang mengalir ke sistem, kecepatan aliran fluida dan kecepatan gerak piston / torak dari silinder diatur oleh *flow control valve*.
4. Pengoperasian mesin *deep drawing* masih secara manual atau menggunakan sistem kontrol tangan manusia.

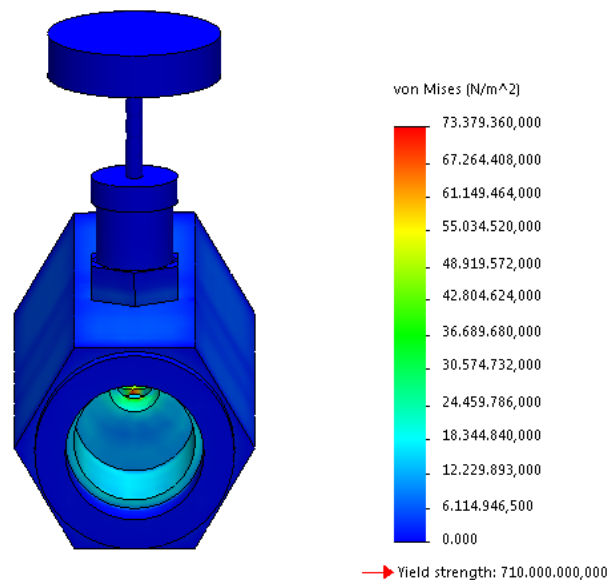
5. Gaya yang kecil dapat digunakan untuk menggerakkan silinder hidrolik.
6. Pada mesin *deep drawing* ini menggunakan 3 hidrolik, dimana satu hidrolik untuk cetakan dan dua hidrolik untuk menggerakkan pelat *blank holder* dengan kapasitas yang sama yaitu 1 ton.

4.3. Hasil Simulasi

Pada penelitian ini, hasil analisa disimulasikan pada *Flow Control*, dimana flow control ini berfungsi untuk mngatur jumlah aliran yang akan masuk ke dalam silinder hidrolik. Adapun fungsi dari simulasi ini yaitu untuk mengetahui berapa kecepatan aliran dan besar tekanan yang terjadi didalam flow control, dimana telah diketahui besarnya debit aliran yaitu 3,13 L/menit atau setara dengan $0,00313 \text{ m}^3/\text{menit}$ dan diameter dari lubang saluran masuk dan buang flow control adalah 14 mm.

1. Simulasi dengan tekanan 170 bar

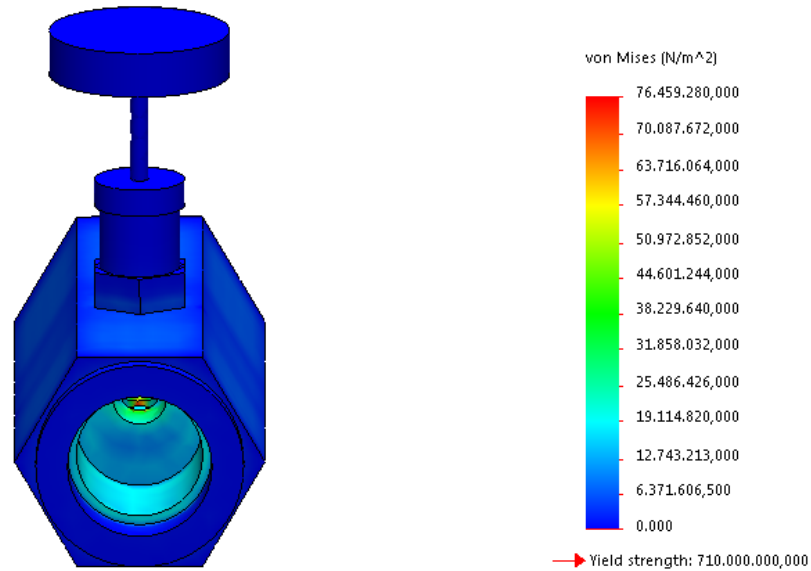
Dari hasil simulasi dengan tekanan 170 bar dan tegangan yang diizinkan yaitu 185 N/mm^2 , diperoleh tegangan maksimum yaitu sebesar $73.379.360 \text{ N/m}^2 = 73,4 \text{ N/mm}^2$. Nilai tegangan maksimum < tegangan yang diizinkan, maka bahan aman untuk digunakan.



Gambar 4.1. Simulasi dengan tekanan 170 bar

2. Simulasi dengan tekanan 190 bar

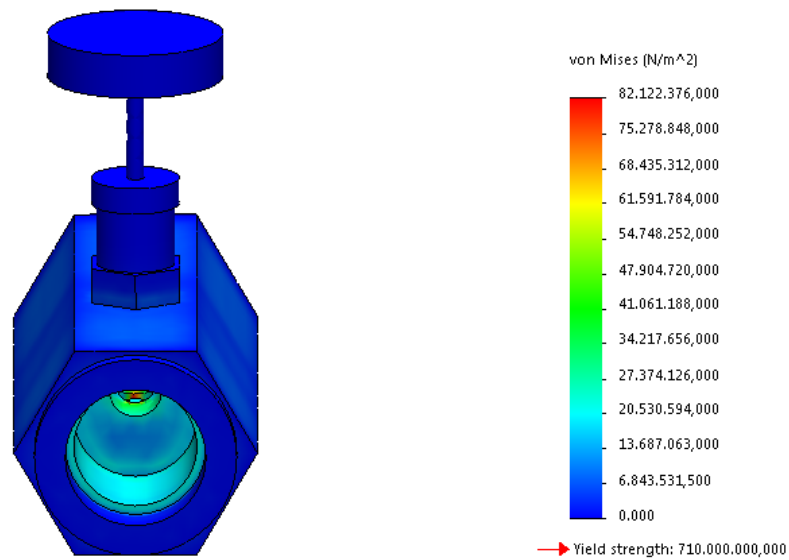
Dari hasil simulasi dengan tekanan 170 bar dan tegangan yang diizinkan yaitu 185 N/mm^2 , diperoleh tegangan maksimum yaitu sebesar $76.459.280 \text{ N/m}^2 = 76,4 \text{ N/mm}^2$. Nilai tegangan maksimum < tegangan yang diizinkan, maka bahan aman untuk digunakan.



Gambar 4.2. Simulasi dengan tekanan 190 bar

3. Simulasi dengan tekanan 210 bar

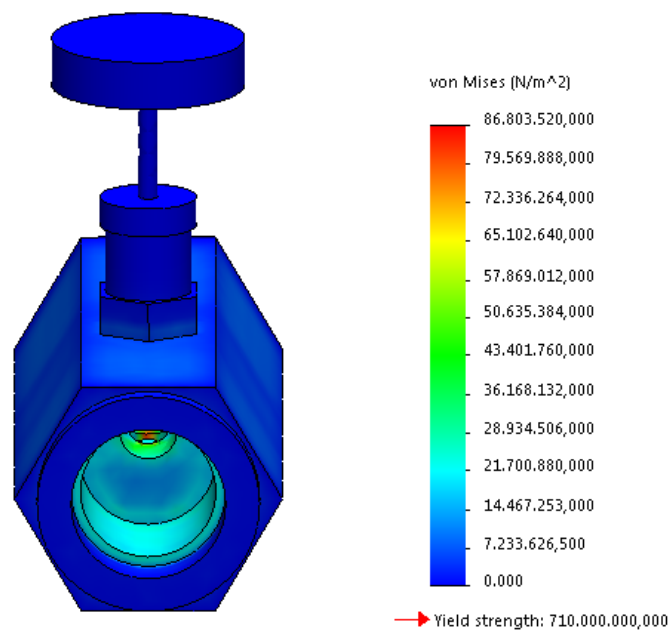
Dari hasil simulasi dengan tekanan 210 bar dan tegangan yang diizinkan yaitu 185 N/mm^2 , diperoleh tegangan maksimum yaitu sebesar $82.122.376 \text{ N/m}^2 = 82,1 \text{ N/mm}^2$. Nilai tegangan maksimum < tegangan yang diizinkan, maka bahan aman untuk digunakan.



Gambar 4.3. Simulasi dengan tekanan 210 bar

4. Simulasi dengan tekanan 230 bar

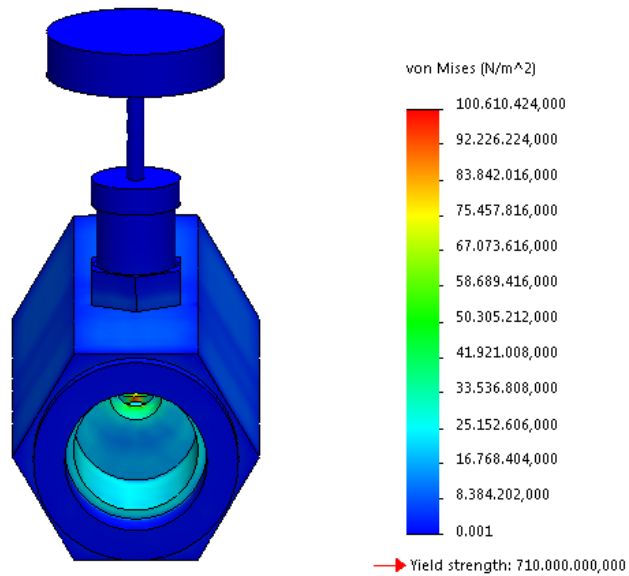
Dari hasil simulasi dengan tekanan 230 bar dan tegangan yang diizinkan yaitu 185 N/mm^2 , diperoleh tegangan maksimum yaitu sebesar $86.803.520 \text{ N/m}^2 = 86,8 \text{ N/mm}^2$. Nilai tegangan maksimum $<$ tegangan yang diizinkan, maka bahan aman untuk digunakan.



Gambar 4.4. Simulasi dengan tekanan 230 bar

5. Simulasi dengan tekanan 250 bar

Dari hasil simulasi dengan tekanan 250 bar dan tegangan yang diizinkan yaitu 185 N/mm^2 , diperoleh tegangan maksimum yaitu sebesar $100.610.424 \text{ N/m}^2 = 100,6 \text{ N/mm}^2$. Nilai tegangan maksimum < tegangan yang diizinkan, maka bahan aman untuk digunakan.

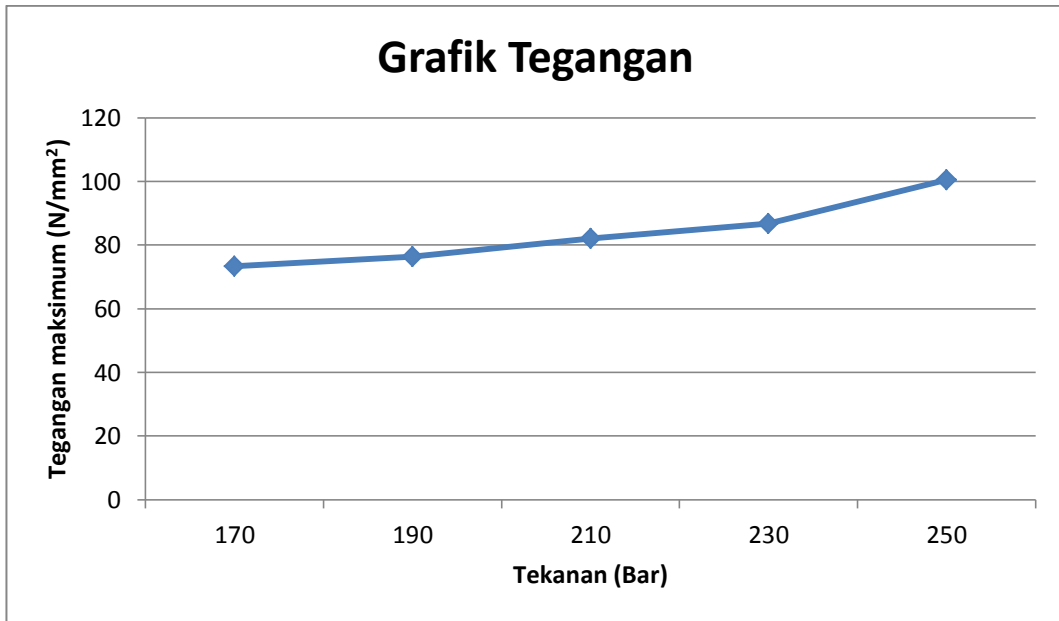


Gambar 4.5. Simulasi dengan tekanan 250 bar

Berdasarkan hasil simulasi keseluruhan, maka diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 4.1. Hasil Simulasi

Tekanan (Bar)	Tegangan Maksimum (N/mm^2)
170	73,4
190	76,4
210	82,1
230	86,8
250	100,6



Gambar 4.6. Grafik Tegangan

BAB 5 KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa sistem kerja hidrolik pada mesin *Deep Drawing*, diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Berdasarkan hasil analisa, diperoleh besarnya debit pompa pada mesin *Deep Drawing* adalah 3,13 L/menit,
2. hasil analisa pada silinder hidrolik, diperoleh luas penampang torak adalah 7,065 cm², luas penampang batang torak adalah 3,14 cm², luas analus kerja adalah 3,925 cm², dan luas penampang flow control 153,86 mm²,
3. Besarnya gaya dorong maju adalah 176,625 N, dan gaya dorong naik adalah 98,125 N,
4. Langkah naik turun yang dibutuhkan adalah 3,59 detik, dan langkah naik yang dibutuhkan adalah 1,99 detik.
5. Dari hasil simulasi maka diperoleh data yaitu, tekanan 170 bar maka tegangan maksimumnya sebesar 73,4 N/mm², tekanan 190 bar maka tegangan maksimumnya sebesar 76,4 N/mm², tekanan 210 bar maka tegangan maksimumnya sebesar 82,1 N/mm², tekanan 230 bar maka tegangan maksimumnya sebesar 86,8 N/mm², tekanan 250 bar maka tegangan maksimumnya sebesar 100,6 N/mm².
6. Dari hasil simulasi tegangan pada *flow control* dengan variasi tekanan yaitu 170 bar, 190 bar, 210 bar, 230 bar dan 250 bar, tegangan maksimum yang terjadi lebih kecil dari tegangan yang diizinkan yaitu 185 N/mm², maka bahan aman untuk digunakan.

5.2. Saran

Adapun saran dalam penyelesaian tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Perawatan pada sistem hidrolik sebaiknya dilakukan secara rutin dan berkala untuk menghindari kerusakan pada komponen hidrolik,
2. Sebelum melakukan penelitian, sebaiknya diperiksa kembali rangkaian terhadap kebocoran maupun kerusakan.

3. Dalam melakukan pengujian, masih kurang lengkapnya perlengkapan untuk melakukan pengujian.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Hasnan. S., (2006). *Mengenal Proses Deep Drawing*. Jakarta
- Ardiansyah, (2007), *Perancangan Mesin Press Sederhana Sistem Hidrolik dengan Gaya tekan 500 N untuk membuat pin dengan proses Deep Drawing*, Jakarta: Program Studi Teknik Mesin, Universitas Mercubuana Jakarta.
- Aryoseto, Jarot, 2010, *Pembuatan Alat Peraga Sistem Hidrolik*, Proyek Akhir, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta
- Dassault Systemes Solidwork Corporation, (2011), *Solidwork Essentials, Massachusetts*
- Eugene, D, Ostergaard, (1967), *Advance Die Making*, Prentice Hall, New Jersey
- Ismono Abdi, Ferly, 2014, *Perencanaan Sistem Kontrol Hidrolik Pada Alat Uji Suspensi Sepeda Motor 1 Dof*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya
- Nasrul, Moh., 2013, *Rancang Bangun Powe Pack untuk Aktuasi Dongkrak Buaya 1 Ton dengan Minyak SAE 46*. Tugas Akhir, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
- Prastiyo, Yudi, 2018, *Analisa Numerik Kekuatan Rangka Pada Prototype Elevator Pabrik Kelapa Sawit*, Tugas Sarjana, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Rusdianto, Fery, 2017, *Modul Dasar Hidrolik Dan Pneumatik*, Jakarta, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
- Sumarwijaya S. Indra, 2014, *Analisis Sistem Kontrol Servo Hidrolik Pada Mesin Semi Solid Metal Forging Rancangan Bppt-Meppo*, Skripsi, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu
- Sulis Yulianto, Dkk, 2012, *Pengaruh Beban Terhadap Tekanan Pompa Hidrolik Pada Reach Stacker Saat Proses Lifting Petikemas*, Jurnal Sintek Vol. 8 No 1, Universitas Muhammadiyah Jakarta
- Sutimbul, Catur, 2006, *Anlisa Kerja Mesin Hidrolik Pencetak Paving Dengan Sistem Hand Control Pada Waktu Dibutuhkan Langka Naik Dan Turun Silinder Hidrolik*, Proyek Akhir, Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang
- Tri Siswanto, Budi, 2008, *Teknik Alat Berat*, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
- <https://www.Slideshare.net>, diakses pada 15-07-2020
- <https://maskub.wordpress.com>, diakses pada 15-07-2020

<https://www.putrarawit.com>, diakses pada 15-07-2020

<https://taufiqsabirin.wordpress.com>, diakses pada 16-07-2020

<https://mechanic-mechanicalengineering.blogspot.com>, diakses pada 16-07-2020

<https://tneutron.com>, diakses pada 17-07-2020

<https://docplayer.info>, diakses pada 17-07-2020

<https://hubspot.com>, diakses pada 17-07-2020

<https://directindustry.com>, diakses pada 18-07-2020

<https://tneutron.com>, diakses pada 18-07-2020

<https://pneumatichydraulics.blogspot.com>, diakses pada 18-07-2020

<https://tneutron.com>, diakses pada 18-07-2020

https://bookdown.org/moh_rasidi2610/metode_numeric/Numericamethode.html
diakses pada 18-07-2020

<https://teachingtegfation.files.wordpress.com>, diakses pada 19-07-2020

<https://www.jabetc.com>, diakses pada 19-07-2020

<https://3.bp.blogspot.com>, diakses pada 19-07-2020

<https://2.bp.blogspot.com>, diakses pada 19-07-2020

<https://info-elektro.com>, diakses pada 19-07-2020

<https://Indonesian.alibaba.com>, diakses pada 20-07-2020

<https://pakilyas.blogspot.com>, diakses pada 20-07-2020

<https://katronika08.blogspot.com>, diakses pada 20-07-2020

LAMPIRAN

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Analisa Sistem Kerja Hidrolik Pada Proses Deep Drawing

Nama : Adnan Ridwan Siregar

NPM : 1407230087

Dosen Pembimbing1 : Khairul Umurani, S.T., M.T

Dosen Pembimbing2 : Sudirman Lubis, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
	04/04/2019	- Perbaikan Spesifikasi Tugas	u
	10/04/2019	- Perbaiki Pendahuluan	u
	24/06/2019	- Perbaiki Tinjauan pustaka	u
	17/10/2019	- Perbaiki Rumus	u
	13/01/2020	- Perbaiki analisa Data	u
	18/02/2020	- Perbaiki Kesimpulan	u
	25/02/2020	- Je, seminar	u

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

ANALISA SISTEM KERJA HIDROLIK PADA PROSES DEEP DRAWING

Nama Adnan Ridwan Siregar

NPM 1407230087

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

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

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
	11/11/2019	Perbaiki format penulisan	AS
	21/11/2019	Perbaiki penulisan BAB 1	AS
	28/11/2019	Perbaiki penulisan BAB 2	AS
	4/12/2019	Perbaiki penulisan Rumus	AS
	22/01/2020	Perbaiki Letak Gambar dan tabel	AS
	12/02/2020	Perbaiki BAB 4	AS
	20/02/2020	Perbaiki Daftar Pustaka	AS
	26/02/2020	Acc. Seminar	AS

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA PRIBADI



Nama : Adnan Ridwan Siregar
NPM : 1407230087
Tempat/Tanggal Lahir : Medan/17-Juli-1996
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Status Perkawinan : Belum Kawin
Alamat : Jl Pertahanan Dusun II
Kecamatan : Patumbak
Kabupaten : Deli Serdang
Provinsi : Sumatera Utara
Nomor Hp : 0813-9600-9757
E-mail : adnanridwan337@gmail.com
Nama Orang Tua
Ayah : Ismail Hamzah Siregar
Ibu : Alm Dhaniya / Suharti

PENDIDIKAN FORMAL

2001-2002 : TK Taman Kanak Upmi
2002-2008 : SD Al-Washliyah T. Deli
2008-2011 : SMP Swasta Al-Washliyah 4
2011-2014 : SMK Swasta Al-Washliyah 4 Medan
2014-2020 : S1 Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

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

Peserta Seminar
 Nama : Adnan Ridwan Siregar
 NPM : 1407230087
 Judul Tugas Akhir : Analisa Sistem kerja Hidrolik Pada Proses Deep Dra-
 Wing.

DAFTAR HADIR		TANDA TANGAN	
Pembimbing – I	: Khairul Umurani.S.T.M.T	:	
Pembimbing – II	: Sudirman Lubis.S.T.M.T	:	
Pembanding – I	: Rahmatullah.S.T.M.Sc	: 	
Pembanding – II	: Chandra A Siregar.S.T.M.T	:	
No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	140723017	ALIF AKBAR	
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 15 Dzulkaidah 1441 H
10 Juli 2020 M

Ketua Prodi. T.Mesin


Affandi.S.T.M.T

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

NAMA : Adnan Ridwan Siregar
NPM : 1407230087
Judul T.Akhir : Analisa Sistem Kerja Hidrolik Pada Proses Deep Drawing.

Dosen Pembimbing - I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembimbing - II : Sudirman Lubis.S.T.M.T
Dosen Pemanding - I : Rahmatullah.S.T.M.Sc
Dosen Pemanding - II : Chandra A Siregar.S.T.M.T

KEPUTUSAN

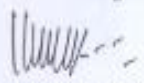
1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
..... Perbaikan sesuai koreksi pada tugas akhir dan asusukan
..... pada skripsi.....
.....
.....
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....
.....

Medan 15 Dzulkaidah 1441 H
10 Juli 2020 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin


Affandi.S.T.M.T

Dosen Pemanding- I


Rahmatullah.S.T.M.Sc

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

NAMA : Adnan Ridwan Siregar
NPM : 1407230087
Judul T.Akhir : Analisa Sistem Kerja Hidrolik Pada Proses Deep Drawing.

Dosen Pembimbing - I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembimbing - II : Sudirman Lubis.S.T.M.T
Dosen Pembanding - I : Rahmatullah.S.T.M.Sc
Dosen Pembanding - II : Chandra A Siregar.S.T.M.T

KEPUTUSAN

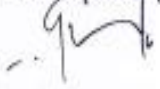
1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
..... *lihat buku tugas akhir.*
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....

Medan 15 Dzulkaedah 1441 H
10 Juli 2020 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin


Affan S.T.M.T

Dosen Pembanding- II


Chandra A Siregar.S.T.M.T