TUGAS AKHIR – TM 090340

PERENCANAAN SISTEM KONTROL HIDROLIK PADA ALAT UJI SUSPENSI SEPEDA MOTOR 1 DOF

FERLY ISNOMO ABDI
NRP. 2111 030 103

Dosen Pembimbing 1
Liza Rusdiyana, ST., MT.
NIP. 19800517 201012 2 002

Dosen Pembimbing 2
Hendro Nurhadi, Dipl.-Ing., Ph.D.
NIP. 19751120 200212 1 002

PROGRAM STUDI D-III
JURUSAN TEKNIK MESIN
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2014

FINAL PROJECT – TM 090340

DESIGN CONTROL SYSTEM HYDRAULIC ON MOTORCYCLE SUSPENSION 1 DOF TEST RIG

FERLY ISNOMO ABDI
NRP. 2111 030 103

Advisor 1
Liza Rusdiyana, ST., MT.
NIP. 19800517 201012 2 002

Advisor 2
Hendro Nurhadi, Dipl.-Ing., Ph.D.
NIP. 19751120 200212 1 002

DIPLOMA III STUDY PROGRAM
MECHANICAL ENGINEERING
Faculty of Industrial Technology
Institute of Technology Sepuluh Nopember
Surabaya
2014

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN SISTEM KONTROL HIDROLIK PADA ALAT UJI SUSPENSI SEPEDA MOTOR 1 DOF

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
Pada
Bidang Konversi Energi
Program Studi Diploma III Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
SURABAYA

Oleh :
FERLY ISNOMO ABDI
NRP. 2111 030 103

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

1. Liza Rusdiyana, ST., MT. ....(Pembimbing 1)
   NIP. 19800517 201012 2 002

2. Hendro Nurhadi, Dipl.-Ing., Ph.D. ....(Pembimbing 2)
   NIP. 19751120 200212 1 002

SURABAYA, JULI 2014

PERENCANAAN SISTEM KONTROL HIDROLIK PADA ALAT UJI SUSPENSI SEPEDA MOTOR 1 DOF

Nama Mahasiswa : Ferly Isnomo Abdi
NRP : 2111 030 103
Jurusan : D3 Teknik Mesin FTI – ITS
Dosen Pembimbing 1 : Liza Rusdiyana, ST., MT.
Dosen Pembimbing 2 : Hendro Nurhadi, Dipl.-Ing., Ph.D.

ABSTRAK

Sistem hidrolik adalah sistem yang menggunakan fluida berupa pelumas (oli) sebagai media penggeraknya dengan konsep tekanan pada zat cair. Sistem hidrolik saat ini banyak digunakan di dunia perindustrian khususnya sebagai sistem tenaga, karena sistem ini dapat beroperasi secara akurat, optimum, dan efisien.

Pada tugas akhir ini, maka dilakukan perencanaan sistem kontrol hidrolik pada alat uji suspensi sepeda motor 1 DOF dengan menggunakan software *Automation Studio*. Pada sistem kontrol hidrolik ini menggunakan sistem kontrol PLC yaitu *Programmable Logic Controllers* dengan metode *ladder diagram*.

Hasil dari perencanaan sistem hidrolik adalah dengan daya motor sebesar 0,56 kW, kapasitas pompa 13,76 cc/rev, tekanan maksimal sebesar 17,71 bar, dan gaya maksimum yang diterima oleh silinder sebesar 25,13 kN. Pada perencanaan sistem kontrol harus terdapat empat dasar perancangan sistem kontrol yaitu wiring diagram, ladder diagram, elektrik hidrolik dan *sequential functional chart*. Oleh karena itu, hal tersebut dapat digunakan sebagai dasar perancangan sistem hidrolik atau sistem lainnya yang menggunakan PLC sebagai sistem kontrolnya.

Kata kunci: *Sistem hidrolik, PLC, Ladder Diagram, Sequential Functional Chart.*

DESIGN CONTROL SYSTEM HYDRAULIC ON MOTORCYCLE SUSPENSION 1 DOF TEST RIG

Student Name : Ferly Isnomo Abdi
NRP : 2111 030 103
Major : D-III Mechanical Engineering FTI-ITS
Advisor 1 : Liza Rusdiyana, ST., MT.
Advisor 2 : Hendro Nurhadi, Dipl.-Ing., Ph.D.

ABSTRACT

The hydraulic system is a system that uses a fluid lubricant (oil) as a medium for driving the concept of pressure on the liquid. The hydraulic system is now mostly used in the industrial world, especially as the power system because this system can operate accurately, optimally and efficiently.

In this final project, design of the hydraulic control system on motorcycle suspension 1 DOF test rig uses Automation Studio software. On the hydraulic control system using PLC control system is Programmable Logic Controllers with ladder diagram method.

The results of the design of the hydraulic system is the motor power of 0.56 kW, pump capacity 13.76 cc/rev, a maximum pressure of 17.71 bar, and accepted by the maximum force of 25.13 kN cylinder. In the design of the control system must have the four basic control system design that wiring diagram, ladder diagram, electrical hydraulic and sequential functional chart. Therefore, it can be used as a basis for the design of hydraulic systems or any other system that uses PLC as the control system.

Keywords: *Hydraulic system, PLC, Ladder Diagram and Sequetial Functional Chart.*

DESIGN CONTROL SYSTEM HYDRAULIC ON MOTORCYCLE SUSPENSION 1 DOF TEST RIG

Student Name : Ferly Isnomo Abdi
NRP : 2111 030 103
Major : D-III Mechanical Engineering FTI-ITS
Advisor 1 : Liza Rusdiyana, ST., MT.
Advisor 2 : Hendro Nurhadi, Dipl.-Ing., Ph.D.

ABSTRACT

The hydraulic system is a system that uses a fluid lubricant (oil) as a medium for driving the concept of pressure on the liquid. The hydraulic system is now mostly used in the industrial world, especially as the power system because this system can operate accurately, optimally and efficiently.

In this final project, design of the hydraulic control system on motorcycle suspension 1 DOF test rig uses Automation Studio software. On the hydraulic control system using PLC control system is Programmable Logic Controllers with ladder diagram method.

The results of the design of the hydraulic system is the motor power of 0.56 kW, pump capacity 13.76 cc/rev, a maximum pressure of 17.71 bar, and accepted by the maximum force of 25.13 kN cylinder. In the design of the control system must have the four basic control system design that wiring diagram, ladder diagram, electrical hydraulic and sequential functional chart. Therefore, it can be used as a basis for the design of hydraulic systems or any other system that uses PLC as the control system.

Keywords: *Hydraulic system, PLC, Ladder Diagram and Sequetial Functional Chart.*

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas rahmat, taufik, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul:

“**PERENCANAAN SISTEM KONTROL HIDROLIK PADA ALAT UJI SUSPENSI SEPEDA MOTOR 1 DOF**” dapat diselesaikan dengan baik.

Laporan ini disusun sebagai salah satu persyaratan yang harus dipenuhi oleh setiap mahasiswa Program Studi D3 Teknik Mesin FTI-ITS untuk bisa dinyatakan lulus.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis berusaha menerapkan ilmu yang didapat selama menjalani perkuliahan di D3 Teknik Mesin bidang konversi Energi. Kiranya penulis tidak akan mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini tanpa bantuan, saran, dukungan dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu **Liza Rusdiyana, ST., MT.** selaku dosen pembimbing 1 dan dosen wali serta selaku koordinator Tugas Akhir, yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan ide, arahan, bimbingan dan motivasi selama pengerjaan Tugas Akhir ini serta tak lupa juga kesabarannya yang sangat besar.
2. Bapak **Hendro Nurhadi, Dipl.-Ing., Ph.D.** selaku dosen pembimbing 2 dan selaku kepala Lab. Mekatronika yang telah banyak memberikan saran, masukan dan Motivasi dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
3. Bapak **Ir. Suhariyanto, MT.** selaku Ketua Program Studi D3 Teknik Mesin FTI-ITS Surabaya.
4. **Tim Dosen Penguji** yang telah banyak memberikan saran dan masukan guna untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini.

5. Segenap Bapak/Ibu **Dosen Pengajar** dan **Karyawan** di Program Studi D3 Teknik Mesin FTI-ITS, yang telah memberikan banyak ilmu dan pengetahuan serta sarana & prasarana selama penulis menuntut ilmu di kampus ITS.
6. Orang tua tercinta **Bapak** dan **Ibu** serta **kakak** yang selalu memberikan do'a kesuksesan serta dukungan dalam bentuk apapun yang tidak ternilai harganya.
7. **UPTD Pondok Sosial Kalijudan Surabaya** baik kepala, karyawan dan teman-teman Mahasiswa Asuh yang telah membantu saya dalam melancarkan kuliah di ITS.
8. Segenap keluarga besar **Madrasatul Qur'an AL-Anwar Surabaya** yang telah memberikan motivasi selama kuliah.
9. Sahabat-sahabat seperjuangan **Corps D3MiTS 2k11 (memedi)**,**Kabinet Revolusi HMDM**, **Pejuang ProKesMa**, **Ass. Lab. Mekatronika**, **KORMUS** dan semua pihak yang telah memberikan bantuan, dukungan, motivasi dan doa kepada penulis selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
10. Teman – teman yang tidak dapat saya sebutkan disini terima kasih atas kerjasama dan bantuan yang telah diberikan sehingga tugas akhir ini bisa terselesaikan dengan baik.

Penulis menyadari sepenuhnya, bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, sehingga penulis mengharapkan adanya kritik dan saran dari berbagai pihak, yang dapat mengembangkan Tugas Akhir ini menjadi lebih baik. Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi pembaca dan mahasiswa, khususnya mahasiswa Program studi Sarjana Teknik Mesin FTI-ITS dan D3 Teknik Mesin FTI-ITS.

Surabaya, Juli 2014

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL
LEMBAR PENGESAHAN
ABSTRAK i
ABSTRACT ii
KATA PENGANTAR iii
DAFTAR ISI v
DAFTAR GAMBAR viii
DAFTAR TABEL xi
DAFTAR SIMBOL xii

BAB I PENDAHULUAN
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Tujuan Kegiatan Tugas Akhir 3
1.4 Batasan Masalah 3
1.5 Manfaat Kegiatan Tugas Akhir 3
1.6 Sistematika Penulisan 4

BAB II DASAR TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA
2.1 Sistem Suspensi 5
2.2 Sistem Hidrolik 5
2.2.1 Hukum Pascal 6
2.2.1.1 Transmisi Gaya Hidrolik 7
2.2.1.2 Transmisi Tekanan 9
2.2.2 Persamaan Kontinuitas 9
2.2.3 Daya Hidrolik 10
2.2.4 Persamaan Energi 12
2.2.5 Sistem Distribusi 13
2.2.6 Aliran Laminer dan Turbulen 14
2.2.7 Bilangan Reynold 15
2.2.8 Persamaan Darcy 16
2.2.9 Fluida Hidrolik 16
2.2.10 Komponen-komponen Sistem Hidrolik 18

2.2.10.1 Pompa Hidrolik 18
2.2.10.2 *Reservoir* 23
2.2.10.3 *Filter* 24
2.2.10.4 Aktuator... 25
2.2.10.5 *Pressure Gauge* 26
2.2.10.6 Katup *(Valve)* 26
2.2.11 Elektrohidrolik 30
2.3 *Programmable Logic Control* (PLC) 34
2.3.1 Konsep PLC 35
2.3.2 Fungsi PLC 36
2.3.3 Struktur PLC 36
2.3.4 Prinsip Kerja PLC 38
2.3.5 Bahasa Pemrograman.. 39
2.3.6 Ladder Diagram 39
2.3.6.1 Instruksi Dasar PLC dengan Menggunakan Ladder Diagram 41
2.3.6.2 Prinsip-prinsip Ladder Diagram PLC.... 44
2.3.6.3 Praktik Memori *Circuit (Latch)*............ 45
2.4 Penelitian Sebelumnya 45
2.4.1 Desain dan Analisa Struktur Mekanik dan Instrumentasi Alat Uji Suspensi Sepeda Motor 1 DOF 45

BAB III METODOLOGI PENELITIAN
3.1 Diagram alir dan metode penelitian secara umum 49
3.2 Diagram alir desain dan simulasi sistem hidrolik 52
3.3 Diagram alir Simulasi PLC Hidrolik........................ 55
3.4 Skema Sistem Hidrolik.. 58
3.5 Spesifikasi Silinder Hidrolik 59
3.6 Wiring Diagram.. 61
3.7 Rangkaian PLC hidrolik menggunakan Ladder Diagram.. 62
3.8 Sensor Accelerometer 63
3.9 Gambaran Desain *Box Control* alat uji suspensi sepeda motor 1 DOF... 65

BAB IV HASIL DAN ANALISA

4.1 Deskripsi Umum 67
4.2 Tahap Perhitungan 67
4.2.1 Perhitungan Gaya Silinder Hidrolik................ 68
4.2.2 Perhitungan Tekanan Silinder Hidrolik 69
4.2.3 Perhitungan Kapasitas Silinder Hidrolik.......... 70
4.2.4 Perhitungan Daya Motor.................................. 71
4.3 Desain Sirkuit Hidrolik 72
4.4 Rangkain PLC Hidrolik menggunkan Ladder Diagram 73
4.4.1 Posisi Awal *(Reset)* 75
4.4.2 Posisi UP *(Extend)* 77
4.4.3 Posisi DOWN *(Retract)* 79
4.5 Rangkain Elektrik Hidrolik 81
4.6 *Sequential Functional Chart* (SFC) untuk silinder hidrolik alat uji suspensi sepeda motor 1 DOF 83
4.7 Diagram Blok Instrumentasi 84
4.8 Desain Akhir Box Kontrol Alat uji suspensi sepeda motor 1 DOF 85

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan 87
5.2 Saran.. 88

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN-LAMPIRAN
BIODATA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Blok diagram dari sistem hidrolik 6
Gambar 2.2 Skema Perpindahan Gaya Hidrolik 7
Gambar 2.3 Skema Transmisi Tekanan 9
Gambar 2.4 Aliran Kontinuitas 10
Gambar 2.5 Silinder Hidrolik 10
Gambar 2.6 Sistem pipa untuk mendapatkan persamaan *Bernoulli* 12
Gambar 2.7 *Flexible Hoses* 13
Gambar 2.8 Aliran Laminer 14
Gambar 2.9 Aliran Turbulen 14
Gambar 2.10 *Reynolds Experiment* 15
Gambar 2.11 Pompa Hidrolik Jenis *Gear Pump* 19
Gambar 2.12 *Non Positive Displecement Pump* 20
Gambar 2.13 *Positive Displecement Pump* 21
Gambar 2.14 *Variable Displecement Pump* 23
Gambar 2.15 Tangki Pelumas (oli) 24
Gambar 2.16 *Filter* Pelumas (oli) 24
Gambar 2.17 Konstruksi Silinder Kerja Tunggal *(Single Acting)* 25
Gambar 2.18 Konstruksi Silinder Kerja Ganda *(Double Acting)* 26
Gambar 2.19 *Pressure Gauge* 26
Gambar 2.20 *Double Solenoid Valve* 28
Gambar 2.21 *Flow Control Valve* 28
Gambar 2.22 *Pressure Relief Valve* 29
Gambar 2.23 *Non Return Valve* 29
Gambar 2.24 Perubahan Energi Pada Sistem Hidrolik 30
Gambar 2.25 Konstruksi *Limit Switch* 32
Gambar 2.26 Unit PLC 35
Gambar 2.27 Struktur Dasar PLC 37
Gambar 2.28 Prinsip Kerja PLC 38
Gambar 2.29 Diagram Ladder 40

Gambar 2.30 Simbol Diagram Ladder LD dan LD NOT 41
Gambar 2.31 Simbol Diagram Ladder AND dan AND NOT 42
Gambar 2.32 Simbol Diagram Ladder OR dan OR NOT 42
Gambar 2.33 Simbol Diagram Ladder Out................................ 43
Gambar 2.34 Simbol Diagram Ladder And Load..................... 43
Gambar 2.35 Simbol Diagram Ladder OR Load 44
Gambar 2.36 Rangkaian start – stop motor 44
Gambar 2.37 *Latching Circuit* 45
Gambar 2.38 Hasil Analisa Tegangan *Fixture* Atas 46
Gambar 2.39 Hasil Analisa Tegangan *Fixture* Bawah 47
Gambar 2.40 Desain Akhir Alat Uji Suspensi Sepeda Motor 1 DOF.. 47
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian Secara Umum 49
Gambar 3.2 Diagram Alir Sistem Hidrolik............................. 52
Gambar 3.3 Diagram Alir Simulasi PLC Hidrolik 55
Gambar 3.4 Skema Sistem Hidrolik 58
Gambar 3.5 Silinder Hidrolik 60
Gambar 3.6 Wiring Diagram Sistem Hidrolik........................ 61
Gambar 3.7 Rangkain PLC Hidrolik menggunakan Ladder Diagram 62
Gambar 3.8 *Single Axis Accelerometer* 63
Gambar 3.9 Geometri *Box Control*... 65
Gambar 3.10 Geometri *Cover Box Control* 65
Gambar 4.1 Definisi efisiensi pada silinder hidrolik 70
Gambar 4.2 Desain Sirkuit Hidrolik 72
Gambar 4.3 Sirkuit PLC Hidrolik menggunakan Ladder Diagram.. 73
Gambar 4.4 Diagram sirkuit hidrolik pada posisi awal *(reset)* 75
Gambar 4.5 Sirkuit PLC Hidrolik menggunakan Ladder Diagram pada saat silinder hidrolik pada posisi awal*(reset)* 76
Gambar 4.6 Diagram sirkuit hidrolik pada posisi UP *(extend)*... 77

Gambar 4.7 Sirkuit PLC Hidrolik menggunakan Ladder Diagram pada saat silinder hidrolik pada posisi *extend* 78
Gambar 4.8 Diagram sirkuit hidrolik pada posisi DOWN *(retract)* 79
Gambar 4.9 Sirkuit PLC Hidrolik menggunakan Ladder Diagram pada saat silinder hidrolik pada posisi *retract*.. 80

Gambar 4.10 Rangkaian listrik elektrik hidrolik....................... 81
Gambar 4.11 Rangkaian listrik elektrik hidrolik posisi awal/*reset* 82
Gambar 4.12 Rangkaian listrik elektrik hidrolik posisi *extend* 82
Gambar 4.13 Rangkaian listrik elektrik hidrolik posisi *retract* 82
Gambar 4.14 *Sequential Funtional Chart* untuk silinder hidrolik pada alat uji suspensi sepeda motor 1 DOF.. 83
Gambar 4.15 Grafik kecepatan silinder hidrolik terhadap bukaan katup pada alat uji suspensi sepeda motor 1 DOF 83
Gambar 4.16 Diagram Blok Instrumentasi 85
Gambar 4.17 Desain Akhir Box Control pada alat uji 85

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kesesuaian Sifat Fluida Hidrolik.............................. 17
Tabel 2.2 Perbandingan pada berbagai jenis pompa................. 22
Tabel 3.1 Spesifikasi silinder hidrolik...................................... 60
Tabel 4.1 Daftar Komponen Sirkuit PLC Hidrolik.................. 74

DAFTAR SIMBOL

A	luas permukaan, m^2
D	diameter dalam pipa, m
F	gaya, N
g	percepatan gravitasi, m/s^2
$\mathbf{H_L}$	head loss, m
$\mathbf{H_m}$	head motor, m
$\mathbf{H_p}$	head pump, m
I	kuat arus, A
γ	berat Jenis, N/m^3
η_s	efisiensi silinder, %
P	tekanan, Pa
ρ	massa jenis dari fluida, kg/m^3
Q	debit, *volumetric flow rate,* m^3/s
S	jarak, m
T	torsi, Nm
μ	viskositas absolute, $N\ s/m^2$
V	kecepatan linier, m/s
V	tegangan, volt, Ω
v	kecepatan rata-rata fluida dalam pipa, m/s
$\mathbf{V_D}$	*volumetric displacement,* m^3
υ	viskositas kinematic, m^2/s
W	usaha/kerja/daya pompa, J
ω	kecepatan putaran, rad/s
Z	ketinggian, m

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sepeda motor adalah alat transportasi yang pada masa sekarang banyak digunakan oleh masyarakat, karena biayanya yang ekonomis dan penggunaannya juga mudah. Oleh karena itu, masyarakat cenderung menggunakan sepeda motor daripada alat transportasi yang lain untuk keperluan sehari-hari. Tetapi dibalik penggunaannya yang mudah, sepeda motor juga mempunyai hal yang mengkhawatirkan terkait dengan tingkat kecelakaan bagi pengguna sepeda motor. Angka kecelakaan setiap harinya pada tahun 2014 ada 270 kecelakaan yang terjadi di Indonesia dan 74% adalah pengguna sepeda motor. *(http://www.koranmetro.com/)*. Faktor-faktor penting dari kendaraan salah satunya adalah karena sistem stabilitas pada kendaraan tersebut.

Sistem stabilitas yang tidak hanya memberikan keamanan tetapi juga memberikan kenyamanan pada sepeda motor adalah sistem suspensi. Fungsi suspensi adalah sebagai alat penopang sepeda motor dan tidak hanya itu, suspensi juga sebagai alat yang dimana agar roda selalu berada tepat di jalan, sehingga gaya-gaya yang diberikan saat melakukan percepatan, pengereman, berbelok atau manuver yang diinginkan tidak membahayakan pengguna dan meminimalkan terjadinya slip pada roda dengan jalan saat sepeda motor bermanuver, serta juga sebagai peredam kejut yang berfungsi memberikan efek kenyamanan bagi pengguna.

Sistem suspensi saat ini telah mengalami perkembangan yang terus melaju dimana perbaikan kualitas terus menerus dipelajari untuk memberikan tingkat keamanan dan kenyamanan saat berkendara, selain itu juga membuat kendaraan stabil dan memiliki daya lekat pada jalan raya saat dikendarai. Oleh karena itu, untuk mendapatkan sistem suspensi yang baik maka sebelum

dilakukan suatu perancangan sistem suspensi perlu dilakukannya suatu perhitungan dan pengujian suspensi dengan alat uji suspensi sepeda motor.

Alat uji suspensi merupakan alat yang dapat memberikan karakteristik sebuah suspensi berupa koefisien pegas dan konstanta redaman. Alat ini digerakkan dengan sebuah sistem hidrolik. Sistem tenaga hidrolik adalah suatu sistem yang digunakan untuk memindahkan energi mekanik dari suatu tempat ketempat yang lain dengan konsep tekanan pada zat cair, biasanya menggunakan pelumas (oli) sebagai zat perantaranya.

Sistem Hidrolik saat ini banyak digunakan dalam dunia perindustrian khususnya sebagai sistem tenaganya, karena sistem hidrolik sangat akurat, optimum dan efisien, sehingga dapat menyalurkan *torque* dan gaya yang besar. Tetapi sistem tersebut membutuhkan sistem kontrol untuk mengatur kinerja dari sistem hidrolik. Sistem kontrol yang dapat memudahkan sistem kontrolnya dan mempunyai tingkat keakuratan yang tinggi adalah dengan PLC.

PLC *(Programmable Logic Controllers)* adalah program sistem kontrol yang saat ini banyak digunakan dalam sistem-sistem pada alat-alat di bidang industri, bahkan pada sistem kontrol *traffic light* dan pintu perlintasan kereta api. PLC mudah dibuat dan mempunyai tingkat kesalahan yang minimum karena sistem ini dapat disimpan, sehingga alat yang menggunakan sistem PLC sangat teliti dan mudah untuk diotomasi.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian singkat dan latar belakang, maka dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

- Bagaimana mendesain sistem hidrolik dengan menggunakan PLC sebagai sistem kontrol pada alat uji suspensi sepeda motor 1 DOF.

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- Untuk membuat desain sistem hidrolik dengan menggunakan sistem PLC sebagai sistem kontrol pada alat uji suspensi sepeda motor 1 DOF.

1.4 Batasan Masalah

Untuk memberikan arah penyelesaian maka diberikan batasan - batasan sebagai berikut:

- Desain struktur alat uji suspensi mengacu pada dimensi suspensi sepeda motor yang sudah ada.
- Desain alat uji suspensi mengacu yang sudah ada.
- Tidak menghitung struktur mekanik dari alat uji tersebut.
- Tidak membahas kajian experimental atau membangun alat uji tersebut.
- Pegas yang diuji hanya pegas spiral.
- Kerugian-kerugian akibat gesekan-gesekan mekanis pada silinder, kerugian hidrolis pada sistem distribusi dan kebocoron-kebocoran pada peralatan diabaikan.
- Sistem penggerak pada alat uji suspensi menggunakan sistem elektrohidrolik.
- Ruang lingkup pembahasan fokus pada sistem hidrolik yang menggunakan PLC sebagai sistem kontrolnya dan ladder diagram sebagai metodenya.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah:

- Hasil desain dan analisa yang diperoleh dari tugas akhir ini dapat dibuat rancang bangun alat uji suspensi sepeda motor dengan menggunakan sistem hidrolik sebagai transmisi daya dan PLC sebagai sistem kontrolnya.

- Hasil yang diperoleh dari penelitian ini dapat menjadi referensi bagi peneliti lainnya dalam perancangan sistem hidrolik atau sistem-sistem lainnya yang menggunakan PLC sebagai sistem kontrolnya.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- BAB I PENDAHULUAN

  Pada bagian ini diuraikan latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

- BAB II DASAR TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

  Pada bagian ini diuraikan beberapa landasan teori dan hasil penelitian sebelumnya.

- BAB III METODOLOGI PENELITIAN

  Pada bagian ini akan diuraikan metode penelitian, diagram alir langkah penelitian, spesifikasi, skema sistem, rangkaian, wiring diagram dan desain box kontrol.

- BAB IV HASIL DAN ANALISA

  Dalam bab ini dibahas tentang perhitungan teoritis, desain sistem, rangkaian-rangkaian dari modeling yang sudah dirancang, blok diagram instumentasinya, desain akhir dan *Sequential Functional Chart*.

- BAB V PENUTUP

  Pada bagian ini berisi kesimpulan hasil penelitian serta saran-saran konstruktif untuk penelitian selanjutnya.

- DAFTAR PUSTAKA

- LAMPIRAN

BAB II

DASAR TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Suspensi

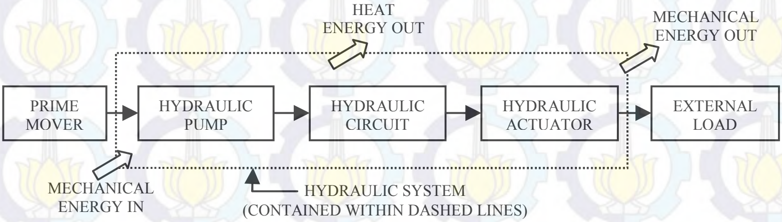
Suspensi adalah suatu sistem pada kendaraan yang berfungsi untuk meredam kejutan getaran akibat permukaan jalan yang tidak rata. Suspensi dapat meningkatkan kenyamanan berkendara dan mengendalikan kendaraan. Sistem suspensi pada kendaraan digantung pada kedua tiang yang terkait ke rangka. Sistem suspensi terdiri atas pegas, peredam *(shock absorber)*, dan komponen lain seperti lengan ayun, sambungan, batang pengkaku dan karet-karet.

Sistem suspensi yang dirancang dengan tujuan untuk membuat ”lembut” saat sepeda motor menikung, sehingga mudah untuk dikendalikan. Dengan sistem suspensi, getaran akibat kerja mesin dapat diredam. Suspensi pada sepeda motor biasanya bersatu dengan garpu *(fork)*, baik untuk bagian depan maupun bagian belakang. Tetapi ada juga sebagian sepeda motor pada bagian suspensi belakang bukan sekaligus sebagai garpu belakang yang biasanya disebut dengan *monoshock* (peredam kejut tunggal).

2.2 Sistem Hidrolik

Sistem hidrolik merupakan bentuk perubahan atau daya dengan menggunakan media penghantar berupa fluida cair untuk memperoleh daya yang lebih besar dari awal yang dikeluarkan. Prinsip dasar dari sistem hidrolik adalah memanfaatkan sifat bahwa zat cair tidak mempunyai bentuk yang tetap, namun menyesuaikan dengan yang ditempatinya. Zat cair bersifat *incompresible*. Karena itu tekanan yang diterima diteruskan ke segala arah secara merata.

Fluida penghantar ini dinaikkan tekanannya oleh pompa pembangkit tekanan yang kemudian diteruskan ke silinder kerja melalui pipa-pipa dan katup-katup. Gerakan translasi batang piston dari silinder kerja yang diakibatkan oleh tekanan fluida pada ruang silinder dimanfaatkan untuk gerak maju dan mundur sesuai dengan pemasangan silinder yaitu arah horizontal maupun vertikal.



Gambar 2.1 Blok diagram dari sistem hidrolik.
(Fluid Power with Aplications book)

2.2.1 Hukum Pascal

Hukum Pascal ditemukan oleh *Blaise Pascal*, seorang ilmuwan Prancis yang hidup pada 1623-1662. Pada dasarnya *Blaise Pascal* adalah seorang ahli filsafat dan teologi, namun hobinya pada ilmu matematika dan fisika, terutama geometri proyektif, mengantarkan menjadi ilmuwan dunia yang terkenal sepanjang masa berkat penemuannya dalam bidang fisika mekanika fluida yang berhubungan dengan tekanan dan gaya yang dikenal dengan Hukum Pascal. *(www.kamusq.com)*

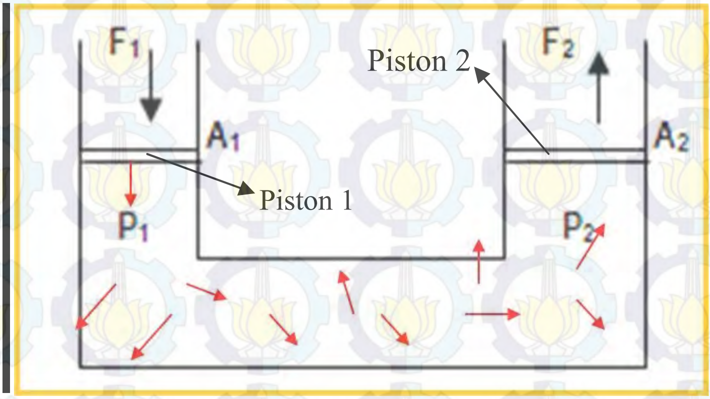
Hukum Pascal juga menjadi dasar dari prinsip hidrolik yang berkaitan dengan transmisi daya yang dibutuhkan oleh fluida atau pelumas. Secara umum hukum pascal menyatakan bahwa:

1. Tekanan pada setiap titik mempunyai besar sama pada semua arah.

2. Tekanan akan bekerja tegak lurus terhadap permukaan dinding yang membatasi sistem.
3. Apabila tekanan diberikan pada suatu fluida dalam ruang tertutup maka tekanan tersebut akan disebarkan ke segala arah dengan sama besar.

2.2.1.1 Transmisi Gaya Hidrolik

Apabila gaya F bekerja pada suatu fluida tertutup melalui luasan permukaan A maka tekanan akan terjadi dalam fluida tersebut. Tekanan yang bekerja sesuai dengan jumlahnya yang dipakai secara tegak lurus menekan luasan permukaan tersebut. Proses perpindahan gaya hidrolik dapat dijelaskan dengan gambar sebagai berikut:



Gambar 2.2 Skema Perpindahan Gaya Hidrolik.
(http://dparamitadewi.wordpress.com)

Tekanan yang bekerja pada semua sisi secara merata atau sama besar sehingga tekanan itu diteruskan ke segala arah atau titik secara merata.

Dari gambar 2.2 diatas tampak bahwa bila gaya input F_1 bekerja pada diameter piston 1 yang luasnya A_1 maka akan timbul

tekanan pelumas P_1 pada piston 1. Tekanan P_1 ini sesuai dengan hukum pascal yang akan ditransmisikan oleh minyak (oli) menuju piston 2 yang mempunyai luasan A_2. Apabila penekanan permukaan A_1 dan F_1 maka akan mendapatkan tekanan sebesar:

$$P = \frac{F_1}{A_2}$$

Sesuai dengan hukum pascal berlaku:

$P_1 = P_2$ ……………. maka,

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \text{ sehingga didapat } \frac{F_2}{F_1} = \frac{A_2}{A_1}$$

Pada saat piston 1 bergerak ke bawah maka volume pelumas yang dipindahkan akan sama dengan volume pelumas yang bergerak ke atas pada piston 2 sehingga berlaku:

$$V_1 = V_2$$

$$A_1 \cdot S_1 = A_2 \cdot S_2$$

Sehingga didapat:

$$\frac{S_2}{S_1} = \frac{A_1}{A_2} = \frac{F_1}{F_2}$$

Dan akhirnya didapat:

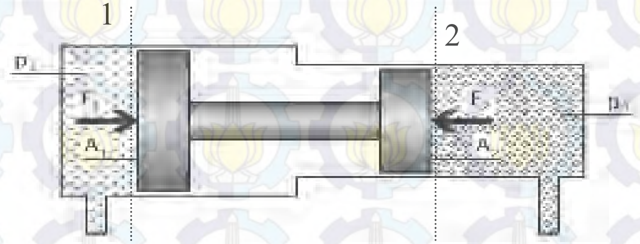
$$F_1 \cdot S_1 = F_2 \cdot S_2$$

Didalam ilmu fisika kita tahu bahwa energi merupakan hasil kali antara gaya dan jarak yang ditempuh sehingga dari persamaan diatas dapat diketahui bahwa energi input ke sisten hidrolik akan sama dengan keluaran energi pada sistem yang sama. Namun demikian pada kenyataannya akan terjadi gesekan

antara piston dengan dinding silinder yang menyebabkan energi output akan selalu lebih kecil dibandingkan energi input.

2.2.1.2 Transmisi Tekanan

Dengan asumsi fluida dapat mengalir tanpa gesekan, proses transmisi tekanan dapat diterangkan sebagai berikut:



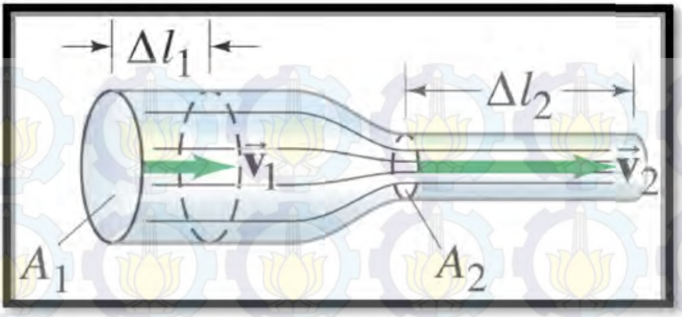
Gambar 2.3 Skema Transmisi Tekanan.
(Fluid Power with Aplications book)

Dari gambar 2.3 tampak bahwa pada titik 1 akibat fluida yang masuk timbul tekanan P_1, tekanan ini akan mendorong A_1 dan menghasilkan gaya F yang besarnya adalah P_1 A_1. Gaya F ini akan mendorong A_2 dan menghasilkan tekanan P_2 sebesar $\frac{F}{A_2}$ pada titik 2. Oleh karena itu, hubungan diatas dapat dituliskan sebagai berikut:

$$P_1 \cdot A_1 = P_2 \cdot A_2 \quad \text{sehingga} \quad P_1 = P_1 \, (A_1/A_2)$$

2.2.2 Persamaan Kontinuitas

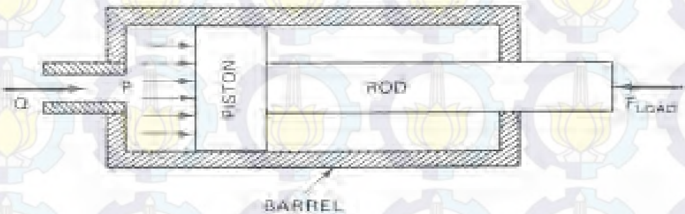
Hubungan-hubungan antara debit, luas penampang, kecepatan aliran fluida dalam suatu luasan tertentu disebut mekanika aliran bergerak. Persamaan kontinuitas menyatakan bahwa untuk aliran *steady* yang ada pada pipa, *weight flow rate* adalah sama untuk seluruh penampang pipa. Untuk mengetahui persamaan kontinuitas maka lihat gambar dibawah ini:



Gambar 2.4 Aliran Kontinuitas.
(http://physatwes.com/)

2.2.3 Daya Hidrolik

Daya hidrolik *(hydraulic horse power)* yang terjadi pada silinder hidrolik dapat dihitung dengan menggunakan gambar silinder seperti dibawah ini:



Gambar 2.5 Silinder Hidrolik.
(Fluid Power with Aplications book)

Dengan melihat gambar 2.5 maka daya silinder hidrolik dapat ditentukan. Daya ini pada prinsipnya merupakan daya yang dihasilkan oleh fluida (dalam hal ini liquid) untuk menggerakkan silinder. Untuk mengetahui daya tersebut maka langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

1. Menentukan luasan piston:

   Tekanan fluida *P* dari pompa akan bekerja pada luasan piston *A* untuk menghasilkan gaya yang diperlukan menggerakkan beban F_{load}.

2. Menentukan *volumetric flow rate* fluida Q yang masuk silinder:

   Volumetric displacement V_D dari silinder hidrolik adalah sama dengan volume yang dipindahkan piston pada saat bergerak sepanjang langkah S, yaitu V_D = AxS, maka besarnya *volumetric flow rate* Q sama dengan V_D dibagi dengan waktu yang dibutuhkan piston bergerak sejauh S sehingga akhirnya.

   Dimana: A = Luasan Piston

   V = Kecepatan linier Fluida

3. Energi fluida dapat ditentukan dari hubungan

   W → F x S → P x A x S, sedangkan daya fluida adalah sama dengan energi fluida tiap satuan waktu maka:

   Perlu diingat bahwa:

   a) Daya Mekanis = Gaya x Kecepatan linier

      = Torsi x Kecepatan Angular

   b) Daya Elektrik = Volt x Ampere
   c) Daya Hidrolik = Tekanan x Kapasitas

4. Menentukan efisiensi silinder

   Efisiensi Silinder adalah sama dengan perbandingan antara daya mekanis dengan daya hidrolik. Sehinga diperoleh:

   Dimana:

   η_s = Effisiensi silinder

   F = Gaya pembentukan

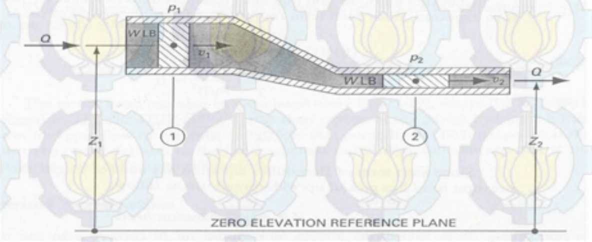
V = Kecepatan silinder

Q = Kapasitas silinder

P = Tekanan pada silinder

2.2.4 Persamaan Energi

Persamaan *Bernoulli* dapat diperoleh dengan memanfaatkan hukum kekekalan energi untuk sistem pipa seperti gambar dibawah ini:



Gambar 2.6 Sistem pipa untuk mendapatkan persamaan *Bernoulli. (Fluid Power with Aplications book)*

Daniel Bernoulli menyatakan bahwa total energi yang dimiliki oleh fluida pada titik 1 akan sama dengan total energi pada titik 2 asalkan tidak ada kerugian gesek antara kedua titik tersebut. Total energi (W) dari fluida merupakan gabungan dari energi potensial yang berhubungan dengan ketinggian fluida, energi tekanan yaitu sama dengan tekanan hidrostatis dan energi kinetik yang berhubungan dengan kecepatan fluida.

Persamaan *Bernoulli* dapat dimodifikasi dengan memperhitungkan besarnya kerugian gesek H_L yang terjadi antara titik 1 dan titik 2. Demikian juga bila antara titk 1 dan titik 2 terdapat pompa (menambah energi ke fluida) dan motor hidrolik (menggunakan energi dari fluida) maka persamaan Bernoulli berubah menjadi:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{{v_1}^2}{2g} + H_p - H_m - H_L = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{{v_2}^2}{2g}$$

2.2.5 Sistem Distribusi

Dalam sisitem aliran tenaga, aliran fluida didistribusikan melalui pipa dan fitting yang membawa fluida dari reservoir ke komponen-komponen yang bekerja dan kemudian kembali ke dalam reservoir. Di dalam sistem aliran tenaga digunakan empat jenis pipa yaitu:

a. *Steel pipe*
b. *Steel tubing*
c. *Plastic tubing*
d. *Flexible hoses*

Pemilihan dari masing-masing jenis pipa tergantung kebutuhan dalam tekanan operasi dan debit aliran. Pada dasarnya pemilihan juga didasarkan pada kondisi lingkungan, jenis fluida yang digunakan, temperature operasi, getaran dan gerakan relative antara komponen-komponen yang bekerja. Pada desain sistem hidrolik ini menggunakan *flexible hose.*

Gambar 2.7 *Flexible Hoses.*
(http://www.dakshenterprises.in/)

2.2.6 Aliran Laminar dan Turbulen

Pada prinsipnya ada dua jenis aliran yang terjadi dalam pipa yaitu aliran laminar dan turbulen. adalah aliran dimana struktur aliran dibentuk oleh partikel-partikel fluida yang bergerak secara berlapis-lapis, dimana setiap lapisan bergerak diatas lapisan lainnya. Aliran laminar ditandai dengan adanya aliran yang mulus *(smooth)* lalu memiliki nilai RE kurang dari 2300. Pada aliran ini, partikel fluida bergerak dengan lintasan sejajar. Contoh aliran laminar dapat dilihat pada gambar 2.8 dibawah ini:

Gambar 2.8 Aliran laminar.
(http://www.howequipmentworks.com/)

Bila kecepatan aliran cukup tinggi maka aliran akan berubah dari laminar menjadi turbulen. Aliran adalah aliran dimana partikel-partikel fluida bergerak secara bercampur aduk *(mixing)* dan acak, setiap partikel menumbuk partikel lainnya sehingga terjadi pertukaran energi. Dalam aliran turbulen strukturnya terdiri dari gerakan partikel- partikel fluida dalam wujud *random*, tiga dimensi, tambahan lagi partikel-partikelyang bergerak saling mengisi pada aliran. Gambar 2.9 dibawah ini menunjukkan keadaan aliran turbulen.

Gambar 2.9 Aliran Turbulen.
(http://www.howequipmentworks.com/)

2.2.7 Bilangan Reynolds

Untuk mengetahui keadaan suatu aliran apakah itu aliran laminar atau turbulen yang mengalir dalam pipa sangat dipengaruhi oleh *property* aliran itu sendiri misalnya kecepatan aliran, density, viskositas, diameter saluran maupun jarak aliran dari ujung sentuh permukaan. Untuk menentukannya dapat dilakukan dengan menggunakan bilangan Reynolds.

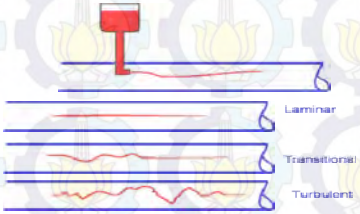
$$Bilangan\ Reynolds\ (N_R) = \frac{\rho\, v\, D}{\mu} = \frac{v\, D}{\upsilon}$$

Dimana:

ρ	=	massa jenis dari fluida (kg/m^3)
v	=	kecepatan rata-rata fluida dalam pipa (m/s)
D	=	diameter dalam pipa (m)
μ	=	viskositas absolut ($N\ s/m^2$)
υ	=	viskositas kinematic (m^2/s)

Batasan bilangan Reynolds:

1. Bilangan Reynolds lebih kecil dari 2300, adalah aliran laminar.
2. Bilangan Reynolds antara 2300 sampai 4000, merupakan aliran transisi.
3. Bilangan Reynolds lebih besar dari 4000, adalah aliran turbulen.



Gambar 2.10 *Reynolds Experiment.*
(http://www-mdp.eng.cam.ac.uk/)

2.2.8 Persamaan Darcy

Persamaan ini digunakan untuk menghitung besarnya kerugian gesek yang terjadi pada instalasi hidrolik. Perubahan tekanan pada sistem aliran *incompressible* yang mengalir melalui pipa saluran dan sistem aliran terjadi karena perubahan gesekan. Kerugian tekanan atau kehilangan tekanan ini pada umumnya dapat dikelompokkan menjadi:

1. Kerugian Major *(Major Losses)*.
2. Kerugian Minor *(Minor Losses)*.

2.2.9 Fluida Hidrolik

Fluida hidrolik merupakan elemen yang sangat penting dalam sistem tenaga hidrolik mengingat perannya sebagai fluida kerja yang memindahkan energi dan sebagai pelumas komponen penyusun sistem. Mengingat peran yang sangat penting itulah maka pelumas harus mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

a. Mempunyai viskositas yang sesuai,
b. Mampu mencegah adanya pembentukan endapan, getah oli, pernis, korosi dan kontaminasi,
c. Tidak mudah membentuk buih-buih oli,
d. Mempunyai kestabilan viskositas terhadap perubahan temperatur yang tinggi,
e. Cocok dengan material sistem,
f. Terpisah dengan kandungan air, dan
g. Tidak beracun.

Fluida hidrolik dalam aplikasinya mempunyai empat tujuan utama yaitu:

1. Sebagai penerus gaya
   Aplikasi fluida sebagai penerus gaya, fluida harus dapat mengalir dengan mudah melalui komponen-komponen salurannya. Terlalu banyak hambatan untuk mengalir,

dapat menyebabkan kehilangan tenaga dalam jumlah yang besar.

2. Pelumasan
   Sebagai transfer tenaga untuk menjalankan fungsi ini dengan sempurna, cairan hidrolik harus tidak berubah volumenya terhadap tekanan, lalu mempertahankan tekanan. Kemudian dapat mencegah terjadinya karat dan korosi didalam sistem dan juga mencegah kerusakan pada *seal*, *packing*, selang karet dan bagian bagian lain yang terbuat dari plastik.
3. Sebagai fluida pengisi *(sealing)*
   Dalam hal tertentu, fluida hanya sebagai pengisi (penutup) terhadap tekanan di dalam suatu komponen hidrolik. Terlihat bahwa tidak ada cincin pengisi antara batang terhadap rumah katupnya untuk menekan kebocoran dari lintasan tekanan tinggi ke lintasan bertekanan rendah. Kerapatan mekanik dan viskositas oli menentukan tingkat kebocoran rata-ratanya.
4. Sebagai pendingin
   Sirkulasi minyak oli melalui pipa-pipa penghantar dan seluruh dinding bak penampang (*reservoir*) akan menyerap panas yang ditimbulkan dalam sistem hidrolik.

Pada tabel 2.1 di bawah ini memperlihatkan sifat fluida hidrolik untuk berbagai jenis fluida.

Tabel 2.1 *Kesesuaian Sifat Fluida Hidrolik.*

Karakteristik Fluida	Jenis Fluida				
	Oli Mineral	Glycol Oil	Ester Phospat	Oli dalam air	Oli sintetis
Tahan Api	K	SB	B	C	C
Viskositas	B	SB	C	B	C-B

Kesesuaian Penyekat	B	SB	C	B	C
Kualitas Pelumasan	SB	C-B	SB	C-B	SB
Batas Suhu (°C) diatas ideal	65	50	65	50	65
Perbandingan Harga relatif terhadap oli	1	4	8	1,5	4

Keterangan:

SB = Sangat Baik
B = Baik
C = Cukup
K = Kurang

2.2.10 Komponen-komponen Penyusun Sistem Hidrolik

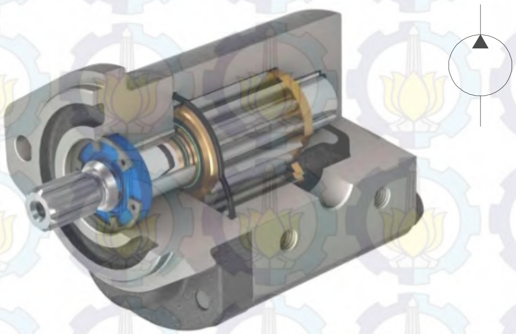
Komponen hidrolik yang diproduksi oleh pabrik sudah distandarisasikan, misalnya standar ISO, ANSI, JIS dan lain-lain, dalam merencanakan sistem rangkaian hidrolik dalam bentuk gambar rangkaian.

2.2.10.1 Pompa Hidrolik

Dari bermacam-macam komponen yang ada dalam sistem hidrolik, dapat dikatakan bahwa pompa merupakan komponen yang paling dominan. Fungsi daripada pompa adalah untuk mengubah energi mekanik menjadi energi hidrolik dengan cara menekan fluida hidrolik ke dalam sistem. Dalam sistem hidrolik, pompa merupakan suatu alat untuk memindahkan sejumlah volume fluida dan untuk memberikan gaya sebagaimana diperlukan.

Hal-hal yang perlu diperhatikan sebelum memilih pompa adalah:

1. Tekanan maksimum yang diperlukan sistem untuk menghasilkan gaya keluar yang cukup dengan elemen penggerak.
2. Aliran maksimum (puncak) atau aliran rata-rata yang diperlukan, apabila sistem menggunakan accumulator.
3. Daya guna pompa, kesesuaian operasi, pemeliharaan ringan, harga pembelian awal, dan tingkat kebisingan pompa.
4. Kontrol aliran pompa selama sistem berada dalam tahap tak bergerak, pemindahan tetap, dan pemindahan tak tetap.
5. Pemilihan aktuator (silinder hidrolik atau motor hidrolik) sebagai acuan tekanan dan kapasitas pompa.
6. Pilih pompa berdasarkan dasar dari aplikasi (*gear, vane,* atau *piston pump*).

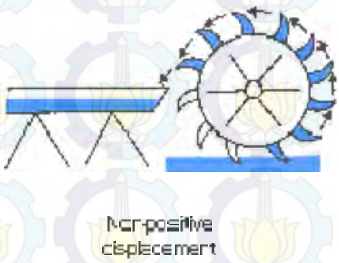


Gambar 2.11 Pompa Hidrolik Jenis *Gear Pump.*
(http://www.directindustry.com/)

Berdasarkan sistem pemindahannya secara umum pompa dapat diklasifikasikan menjadi tiga macam yaitu:

1. ***Non Positive Displacement Pump***

Untuk pompa tipe ini umumnya digunakan untuk tekanan rendah dan kecepatan aliran fluida yang tinggi. Karena tidak sesuai dengan tekanan tinggi maka tidak banyak digunakan pada industri hidrolik. Pada umumnya kapasitas tekanan maksimum dibatasi antara 250 sampai dengan 300 *psi*. tipe dari pompa ini lebih banyak digunakan untuk memindahkan fluida dari satu tempat ke tempat lain.



Gambar 2.12 *Non Positive Displecement pump.*
(http://www.edgeroamer.com)

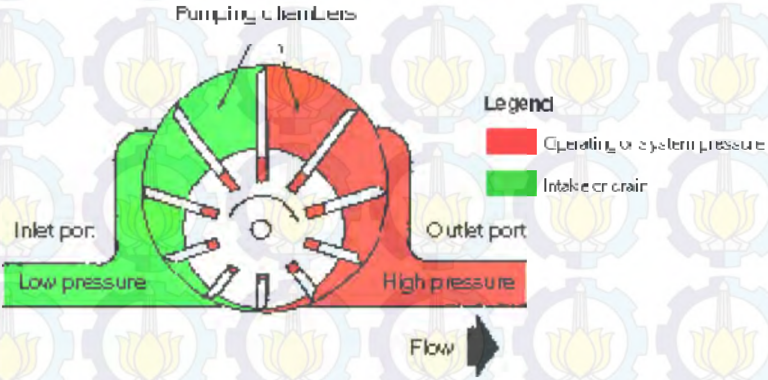
2. ***Positive Displacement Pump***

Untuk pompa tipe ini pada umumnya digunakan pada sistem aliran tenaga. Ketika diterapkan, *positive displacement pump* mengalirkan fluida dari sistem hidrolik pada setiap putaran dari setiap putaran poros pompa. Pompa ini mampu mengatasi kelebihan tekanan dari beban mekanik dari sistem. Selain itu juga dapat mengatasi tahanan aliran yang disebabkan oleh gesekan.

Mengingat sistem hidrolik pada umumnya bekerja pada tekanan operasi yang relatif tinggi, maka jenis pompa yang dipakai dalam sistem hidrolik adalah *positive displacement pump.* Dimana *positive displacement pump* memiliki beberapa keuntungan, antara lain:

- Menghasilkan tekanan tinggi.
- Mempunyai efisiensi volumetric yang relatif tinggi.

- Aliran pompa relatif kecil.
- Perubahan efisiensi relatif kecil pada daerah tekanan tertentu.
- Fleksibilitas performansi tinggi (dapat dioperasikan pada kebutuhan tekanan dan kecepatan bervariasi).



Gambar 2.13 *Positive Displecement pump.*
(http://www.edgeroamer.com)

Pompa hidrolik dapat dikelompokan menurut gerakan dari komponen internalnya, yaitu:

1. *Gear Pump* (mempunyai roda gigi yang susunannya biasanya terdiri atas gigi penggerak/drive gear dan gigi uang digerakan/driven gear).
2. *Vane Pump* (mempunyai sudu sebagai alat penekan).
3. *Piston Pump*

Perhitungan daya pompa sebelumnya harus diketahui agar tidak terjadi kekeliruan dalam perhitungan. Sehingga daya pompa adalah:

$$W = \gamma \times Q \times H$$

Dimana:

W = Daya pompa
γ = Massa jenis Fluida

H = Head pompa
Q = Kapasitas silinder

Untuk perbandingan dari berbagai jenis pompa dapat dilihat pada tabel 2.2 di bawah ini.

***Tabel 2.2** Perbandingan pada berbagai jenis pompa.*

Jenis Pompa	Tekanan (kgf/cm^2)	Kapasitas (Liter/min)	Kecepatan Maksimum(rpm)	Efisiensi Overall (%)
Sudu	20-210	2-950	2000-4000	75-90
Roda Gigi	20-210	7-570	1800-7000	75-90
Piston Aksial	70-350	2-1700	600-6000	85-95
Piston Radial	50-250	20-700	700-1800	80-92

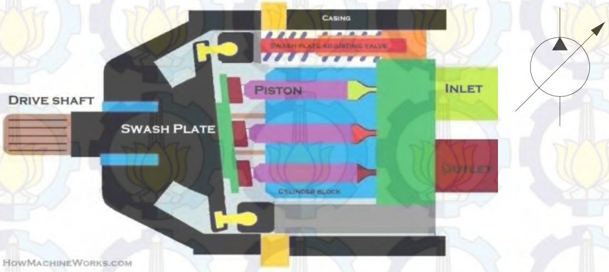
Sehingga dengan beberapa faktor yang terdapat diatas maka dapat dipilih pompa dengan tipe *Gear pump*. Hal ini dikarenakan adanya beberapa alasan, antara lain:

1. Konstruksinya sederhana dan kokoh.
2. Kemantapan kerja yang tinggi, juga pada pembebanan yang mantap.
3. Tidak tergantung pada letak pemasangan.
4. Sifat penghisapan yang baik (pada putaran konstan).
5. Relatif tidak peka terhadap kotoran.
6. Jangkauan putarannya besar (biasanya *h* = 1400-2800 rpm).
7. Dapat digunakan untuk berbagai daerah tekanan (mulai dari 40 bar – 160 bar).
8. Efisiensi yang memadai (75%-90%).

3. *Variable Displacement Pump*

Variable displacement pump merupakan salah satu jenis pompa yang berfungsi mengubah energi mekanik menjadi energi hidrolik pada pelumas hidrolik. Jarak perpindahan atau jumlah fluida yang dipompakan *per revolusi* dari input poros pompa dapat divariasikan ketika pompa sedang beroperasi.

Pada umumnya pompa variable displacement bersifat *reversible* yang artinya bahwa pompa jenis ini dapat juga digunakan untuk mengkonversi energi hidrolik fluida menjadi energi mekanis.



Gambar 2.14 *Variable Displecment Pump.*
(http://techtrixinfo.com)

2.2.10.2 *Reservoir*

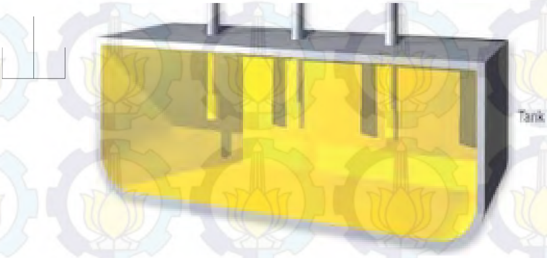
Reservoir atau sering disebut juga tangki penyimpan fluida pelumas (oli) merupakan media yang menjadi tempat dari fluida instalasi hidrolik tersebut. Fluida dijaga agar tetap bersih dengan menggunakan saringan kasar *(strainer),* saringan halus *(filter)* atau pemisah magnetik sesuai dengan kondisi yang diinginkan.

Pada prinsipnya *reservoir* mempunyai beberapa fungsi sebagai berikut:

1. *Reservoir* berfungsi menyimpan sejumlah fluida setelah dipakai untuk sirkulasi instalasi fluida. Dan bekerja sebagai sebagai penahan fluktuasi (gejolak) fluida yang disebabkan

oleh pemindahan aliran yang tidak sama pada elemen penggerak (sistem).

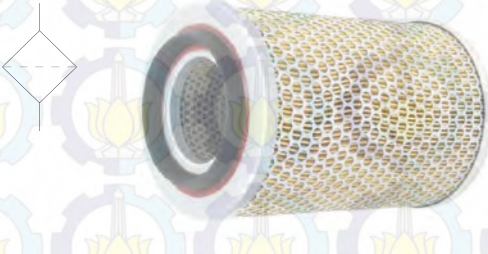
2. *Reservoir* mampu membuang panas yang ditimbulkan oleh tenaga yang hilang pada elemen penggerak dan elemen pengatur (katup).



Gambar 2.15 Tangki Pelumas (oli).
(http://mymachining.blogspot.com)

2.2.10.3 *Filter*

Filter adalah *spareparts* yang penting, berfungsi sebagai penyaring kotoran, debu, dan partikel lainnya yang masuk dalam aliran sistem. Sistem yang ada adalah sistem pelumasan, sistem pembakaran (pada engine), dan sistem hidrolik.



Gambar 2.16 *Filter* Pelumas (oli).
(*http://blog.maxi.co.id)*

2.2.10.4 Aktuator

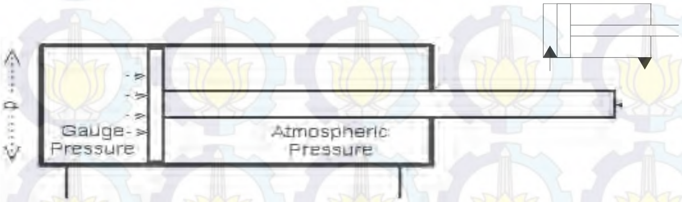
Aktuator merupakan komponen hidrolik yang berfungsi untuk mengubah energi hidrolik dari pompa menjadi energi mekanik yang berupa gaya dan kecepatan. Aktuator menurut operasinya dapat dikelompokan sebagai berikut:

Silinder Hidrolik

Silinder hidrolik berfungsi merubah energi hidrolik menjadi gerakan *linear* yang berasal dari fluida hidrolik. Jenis-jenis dari silinder hidrolik antara lain:

a. *Single Acting Cylinder*

Silinder *single acting* merupakan salah satu jenis silinder hidrolik yang hanya mampu menghasilkan gaya *linear* dalam satu arah saja *(extending)*. Silinder *single acting* biasanya dilengkapi dengan pegas pembalik piston.



Gambar 2.17 Konstruksi Silinder Kerja Tunggal *(Single Acting)*. *(directindustry.com)*

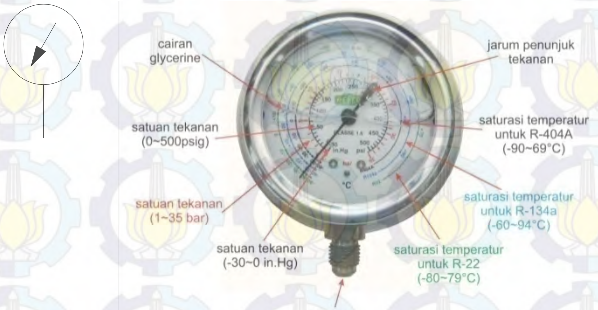
b. *Double Acting Cylinder*

Silinder *double acting* merupakan salah satu jenis silinder hidrolik yang mampu menghasilkan gaya *linear* dalam dua arah (*extending* dan *retract*). Silinder *double acting* memiliki dua lubang port yang terhubung pada instalasi sistem hidrolik.

Gambar 2.18 Konstruksi Silinder Kerja Ganda *(Double Acting).*
(directindustry.com)

2.2.10.5 *Pressure Gauge*

Biasanya pengatur tekanan dipasang dan dilengkapi dengan sebuah alat yang dapat menunjukkan sebuah tekanan fluida yang keluar. Prinsip kerja alat ini yaitu ketika oli masuk ke pengatur tekanan lewat lubang saluran. Tekanan pada saluran masuk dapat dibaca pada garis lengkung skala penunjuk.



Gambar 2.19 *Pressure Gauge.*
(http://teachintegration.files.wordpress.com)

2.2.10.6 Katup *(Valve)*

Penggunaan katup dalam sistem hidrolik pada umumnya digunakan untuk mengatur atau mengontrol aliran fluida baik

dalam arah, kapasitas dan tekanan agar tenaga fluida yang dihasilkan pompa hidrolik bisa dimanfaatkan optimal dan berdaya guna.

- *Directional Control Valve* (Katup Pengontrol Arah)

Directional Control Valve ini dipakai dalam sistem kontrol hidrolik dan berfungsi untuk mengubah arah aliran fluida, sehingga mengontrol kinerja silinder.

Beberapa macam jenis *directional control valve* ini diklasifikasikan menjadi:

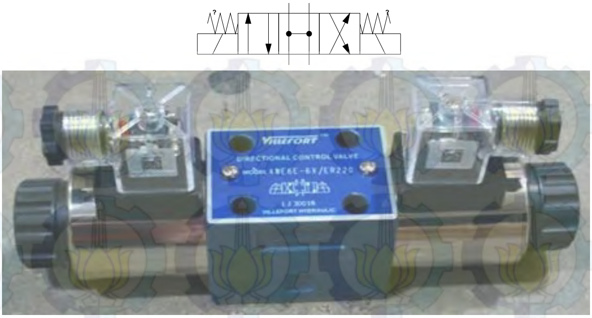
a. Menurut kontruksi *valve* utama.
   Katup pengarah fluida diklasifikasikan berdasarkan konstruksinya menjadi dua macam yaitu Katup *Directional control valve* tipe *poppet* dan tipe *slide*
b. Menurut sistem operasi *valve*.
   Beberapa jenis sistem operasi katup kontrol arah, antara lain:
   - *Solenoid – valve*

Katup *(valve)* yang digerakkan solenoid (magnet). Katup ini dibuka dan ditutup dengan gaya tarik solenoid (magnet). Katup jenis ini digunakan dalam alat kontrol otomatis dengan sistem elektrohidrolik. *Solenoid valve* digunakan secara luas untuk otomatisasi mesin industri.

Menurut jumlah solenoid yang dipakai katup, terdapat 2 tipe:

- *Single solenoid valve* (katup solenoid tunggal)
- *Double solenoid valve* (katup solenoid ganda)

Tipe *single solenoid* mempunyai satu elektro magnet dan dengan daya tarik magnet *valve* yang diganti posisinya *(change over)*. kemudian dengan mematikan listrik *(Demagnetizing)* katup kembali kekedudukan semula dengan gaya spring atau tekanan fluida, sedangkan tipe *double solenoid valve* mempunyai dua elektro magnet, seperti pada gambar 2.20 di bawah ini.

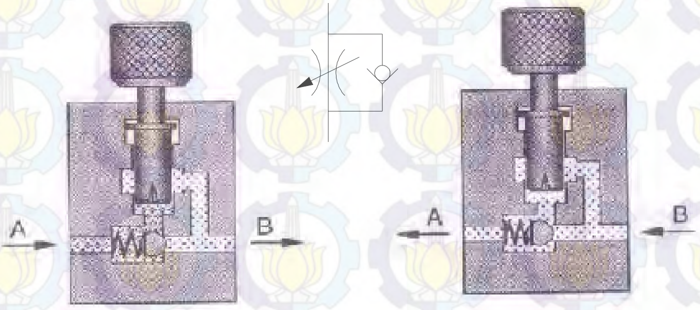


Gambar 2.20 *Double Selenoid Valve*
(http://img.directindustry.com/)

Dan dibagi menjadi tipe *continuous magnetizing* (dimagnet terus menerus) yang mempertahankan pengganti *valve* diposisinya dengan memagnet selenoid A atau B terus menerus, dan tipe magnetisasi sekejap *(instantaneous magnetizing)* yang mempertahankan penggantian posisi *valve* dengan memagnet salah satu solenoid dan mematikan magnetnya setelah itu.

- *Flow Control Valve* (Katup Pengontrol Aliran)

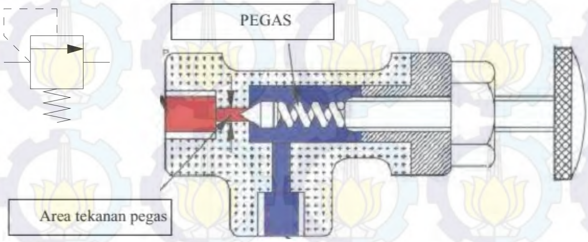
Katup ini dirancang untuk menghidupkan, mematikan, mengontrol arah aliran dalam sirkuit hidrolik, mempercepat dan memperlambat silinder maupun motor hidrolik.



Gambar 2.21 *Flow Control Valve.*
(directindustry.com)

- Katup Pengatur Tekanan *(Pressure Relief Valve)*

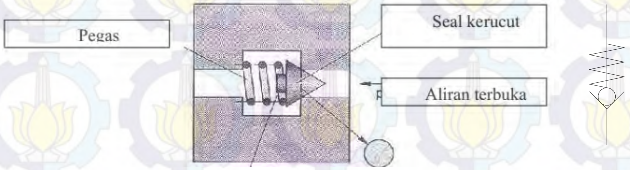
Valve pengatur tekanan digunakan untuk melindungi pompa dan *valve* pengontrol jika terdapat tekanan yang berlebihan. Cara kerja *valve* ini yaitu berdasarkan kesetimbangan antara gaya pegas dengan gaya tekan fluida. Dalam kerja *valve* ini akan membuka apabila tekanan fluida dalam suatu ruangan lebih besar dari tekanan *valve*-nya dan *valve* akan menutup kembali setelah tekanan fluida turun sampai lebih kecil dari tekanan pegas *valve*.



Gambar 2.22 *Pressure Relief Valve.*
(directindustry.com)

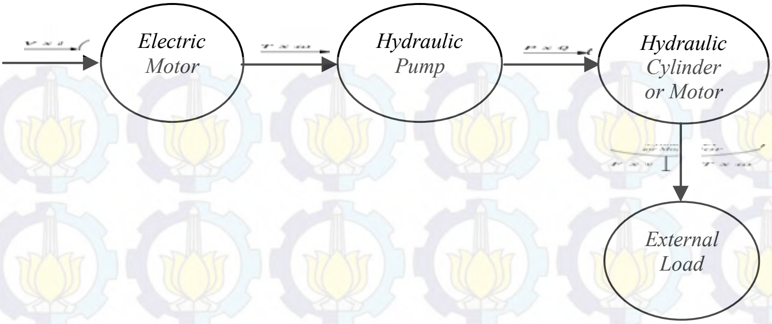
- *Non Return Valve*

Valve ini berfungsi untuk mengatur pergerakan dari fluida. Seperti terlihat pada gambar 2.23 dibawah ini.



Gambar 2.23 *Non Return Valve.*
(directindustry.com)

Dari penjabaran komponen–komponen hidrolik diatas, mulai dari motor sampai ke silinder kerja (aktuator) terdapat perubahan energi. Seperti dijelaskan gambar 2.24 dibawah ini.



Gambar 2.24 Perubahan Energi Pada Sistem Hidrolik.

Pada sistem hidrolik terdapat 3 unit pendukung, antara lain:

1. Unit tenaga, berfungsi sebagai sumber tenaga dengan pelumas/minyak hidrolik. Pada sistem ini nantinya terdapat motor listrik sebagai penggerak awal. Kemudian putaran dari poros motor akan diterusakan ke pompa hidrolik sehingga pompa hidrolik bekerja. Dan tangki hidrolik berfungsi sebagai wadah minyak hidrolik.
2. Unit penggerak (aktuator), berfungsi untuk mengubah tenaga fluida menjadi tenaga mekanik. Terdapat 2 macam aktuator, yaitu *linier actuator* dan *rotary actuator*. Pada sistem ini menggunakan *Double Cylinder.*
3. Unit pengatur, berfungsi sebagai pengatur gerak sistem hidrolik. Unit ini biasanya diwujudkan dalam bentuk katup atau *valve*. Untuk mengarahkan aliran fluida dipakai *Directional Control Valve* (DCV). Pada sistem ini digunakan katup 4/3 dengan *double solenoid valve.*

2.2.11 Elektrohidrolik

Elektrohidrolik merupakan pengembangan dari hidrolik. Dimana prinsip kerjanya memilih energi hidrolik sebagai media

penggerak sedangkan media kontrolnya menggunakan sinyal elektrik.

Sinyal elektrik dialirkan ke kumparan yang terpasang pada *valve* dengan mengaktifkan sakelar, sensor atau sakelar pembatas yang berfungsi sebagai penyambung atau pemutus sinyal. Sinyal yang dikirim ke kumparan akan menghasilkan medan elektromagnet dan akan mengaktifkan/mengaktuasikan katup pengarah arah sebagai elemen akhir pada rangkaian kerja hidrolik.

Sedangkan media kerja hidrolik akan mengaktifkan atau menggerakkan elemen kerja hidrolik seperti motor hidrolik atau silinder yang akan menjalankan sistem.

Adapun elemen utama pada elektrohidrolik antara lain:

a. Sinyal Masukan Listrik *(Electric Signal Input)*

Sinyal listrik pada kontrol elektrohidrolik diperlukan dan diproses tergantung pada gerakan langkah kerja elemen kerja. Sinyal listrik ini didapatkan dengan cara mengaktifkan sakelar atau sensor, misal sensor mekanik maupun elektronik.

- Sakelar Tekan (Operasi Manual)

Elemen sinyal masukan diperlukan untuk memungkinkan sebuah sistem kontrol dinyalakan. Yang paling umum dipakai adalah sakelar tekan *(push botton switch)*. Disebut sakelar tekan karena untuk mengalirkan sinyal harus dengan menekan tombol atau sakelar. Simbol yang digunakan sebagai berikut:

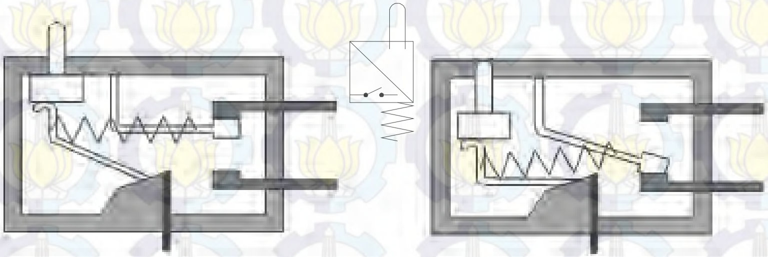
Sakelar tekan manual secara umum untuk kontak NO *(general push botton switch,* NO*)*

Sakelar tekan manual, diaktifkan dengan cara ditekan untuk kontak NO *(Normally Open)*

Sakelar tekan manual, diaktifkan dengan cara ditekan untuk kontak NC *(Normally Closed)*

- Sakelar Pembatas *(Limit Switch)*

Sakelar pembatas ini dipakai sebagai indikasi dalam kontrol otomasi yang menyatakan bahwa posisi ini merupakan posisi akhir baik untuk mesin maupun untuk silinder. Biasanya sistem kontak yang dipakai adalah sistem tersambung bergantian *(change over)*. Sakelar pembatas ini akan bekerja bila tuas sakalar tertekan.



Gambar 2.25 Konstruksi *Limit Switch.*
(directindustry.com)

b. Pengolah Sinyal Listrik

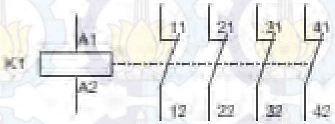
- Relay

Relay adalah komponen untuk penyambung saluran dan pengontrol sinyal yang dibutuhkan energinya relative kecil. Relay biasanya difungsikan dengan elektromagnet yang dihasilkan dari kumparan. Cara kerja dari relay sendiri yaitu apabila pada lilitan dialiri arus listrik maka arus listrik akan mengalir melalui lilitan kawat dan akan timbul medan magnet yang mengakibatkan pelat yang ada didekat kumparan akan tertarik atau terdorong sehingga saluran dapat tersambung atau terputus. Hal ini tergantung pada sambungannya (menggunakan NO atau NC). Bila tidak ada arus

listrik maka pelat tadi akan kembali ke posisi semula karena ditarik dengan pegas. Relay mempunyai simbol sebagai berikut:

Relay normally open (NO)

Relay normally closed (NC)



Relay NO dan NC

Angka pertama pada relay menunjukkan *contactor* yang keberapa sedangkan angka yang kedua selalu bernomor ¾ untuk relay NO dan ½ untuk relay NC.

- Solenoid

Biasanya yang sering dipakai pada elektrohidrolik adalah solenoid dengan arus DC. Solenoid DC secara konstruktif selalu mempunyai inti yang pejal dan terbuat dari besi lunak. Dengan demikian mempunyai bentuk yang *simple* dan kokoh. Selain itu dimaksudkan agar diperoleh konduktansi optimum pada medan magnet. Bila ada kelonggaran udara, tidak akan mengakibatkan kenaikan temperatur operasi karena temperatur operasi hanya akan bergantung pada besarnya tahanan kumparan serta arus listrik yang mengalir. Bila solenoid DC diaktifkan *(switched on)* maka arus listrik yang mengalir meningkat secara perlahan. Ketika arus listrik dialirkan kedalam kumparan akan terjadi elektromagnet. Selama terjadinya induksi akan menghasilkan gaya yang berlawanan dengan tegangan yang digunakan.

Bila solenoid dipasifkan *(switched of)* maka medan magnet yang pernah terjadi akan hilang dan dapat mengakibatkan tegangan induksi yang besarnya bisa beberapa kali lipat dibandingkan dengan tegangan yang ada pada kumparan. Tegangan induksi ini dapat dapat mengakibatkan rusaknya isolasi pada gulungan koil, selanjutnya bila hal ini terjadi terus menerus akan terjadi percikan api. Untuk mengatasi hal ini maka harus dibuat rangkaian yang dapat meredam api, misalnya dengan memasang tahanan yang dihubungkan secara paralel dengan induktansi. Sehingga bila terjadi pemutusan arus listrik, energi akan tersimpan dalam bentuk medan magnet dan dapat hilang lewat tahanan yang telah terpasang.

c. Elemen akhir

Apabila suatu kontrol menggunakan sinyal kontrol dengan sinyal listrik dan sinyal kerjanya menggunakan hidrolik maka harus ada suatu alat yang dapat menggabungkan sinyal kontrol listrik dengan sinyal kerja hidrolik. Sistem yang menggabungkan sinyak kontrol dan sinyal kerja ini biasanya terdiri dari katup yang diaktuasikan dengan solenoid. Maksudnya adalah untuk menyalurkan sinyal kerja menggunakan katup-katup hidrolik, sedangkan yang mengatur atau menutup tersebut adalah arus listrik yang dialirkan ke solenoid.

2.3 *Programmable Logic Controllers* (PLC)

Dalam bidang industri penggunaan mesin otomatis dan pemrosesan secara otomatis merupakan hal yang umum. Sistem pengontrolan dengan elektromekanik yang menggunakan relay-relay mempunyai banyak kelemahan, diantaranya kontak-kontak yang dipakai mudah aus karena panas/terbakar atau karena hubungan singkat, membutuhkan biaya yang besar saat instalasi, pemeliharaan dan modifikasi dari sistem yang telah dibuat jika dikemudian hari dipertlukan modifikasi.

Dengan menggunakan PLC hal-hal ini dapat diatasi, karena sistem PLC mengintegrasikan berbagai macam komponen yang berdiri sendiri menjadi suatu sistem kendali terpadu dan dengan mudah merenovasi tanpa harus mengganti semua instrumen yang ada.

PLC merupakan alat kontrol yang dapat diprogram untuk mengontrol proses atau operasi-operasi mesin atau juga dapat digunakan untuk mengatur output sesuai keinginan penggguna. Input disimpan dalam memori dan PLC melakukan instruksi logika inputnya.

Peralatan input dapat berupa: *contactor, push button, limit switch, sensor photoelectric, proximity switch.* Selain itu PLC juga dapat menyimpan instruksi lain seperti: logika, *timer, counter pointer* yang dapat mengendalikan mesin.

Gambar 2.26 Unit PLC.
(http://devsaanindustech.indonetwork.co.id/)

2.3.1 Konsep PLC

Konsep dari PLC sesuai dengan namanya adalah sebagai berikut:

Programmable: menunjukkan kemampuannya yang dapat dengan mudah diubah-ubah sesuai program yang dibuat dan kemampuannya dalam hal memori program yang telah dibuat.

Logic: menunjukkan kemampuannya dalam memproses input secara aritmetik (ALU), yaitu melakukan operasi membandingkan, menjumlahkan, mengalikan, membagi, mengurangi dan negasi.

Controllers: menunjukkan kemampuannya dalam mengontrol dan mengatur proses sehingga menghasilkan output yang diinginkan.

2.3.2 Fungsi PLC

Fungsi dan kegunaan dari PLC dapat dikatakan hampir tidak terbatas. Tapi dalam prakteknya dapat dibagi secara umum dan khusus.

Secara umum fungsi dari PLC adalah sebagai berikut:

1. Kontrol Sekuensial

PLC memroses input sinyal biner menjadi output yang digunakan untuk keperluan pemrosesan teknik secara berurutan (sekuensial), disini PLC menjaga agar semua step/langkah dalam proses sekuensial berlangsung dalam urutan yang tepat.

2. *Monitoring Plant*

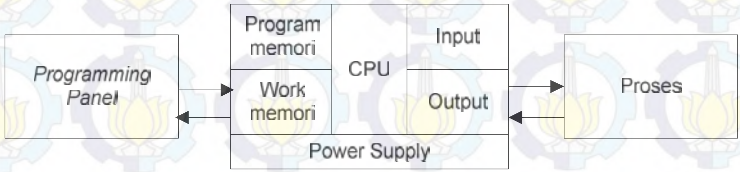
PLC secara terus menerus memonitor suatu sistem (misalnya temperatur, tekanan, tingkat ketinggian) dan mengambil tindakan yang diperlukan sehubungan dengan proses yang dikontrol (misalnya nilai sudah melebihi batas) atau menampilkan pesan tersebut ke operator.

2.3.3 Struktur PLC

Pada umumnya *Programmable Logic Control* (PLC), mempunyai struktur sebagai berikut:

- CPU
- Memori

- Input / Output Unit
- *Power Supply*
- Perangkat pemrograman



Gambar 2.27 Struktur Dasar PLC.

➢ *Central Processing Unit* (CPU)

CPU menangani komunikasi dengan piranti eksternal, interkonektivitas antar bagian-bagian internal PLC, eksekusi program, manajemen memori mengawasi atau mengamati masukan dan memberikan sinyal ke keluaran (sesuai dengan proses atau program yang dijalankan).

CPU dalam PLC berisi rangakaian elektronika digital yang berfungsi berfungsi sebagai *Contact Normally Open* (NO) dan *Contact Normally Close* (NC) relay.

➢ Memori

Karakteristik terpenting dari PLC adalah kemudahan pemakai dalam menggantikan program dengan mudah dan cepat. Tujuan ini dapat dicapai dengan membuat karakteristik PLC dilengkapi dengan sistem memori. Sistem memori ini dimaksudkan untuk penyimpanan data-data urutan instruksi ataupun program yang dapat dieksekusi oleh prosesor sesuai dengan perintah yang telah diberikan dalam program.

Memori dari PLC menggunakan alat semi konduktor yaitu RAM *(Random Acces Memory),* ROM *(Read Only Memory),* PROM *(Programmable Read Only Memory).*

➢ *Power Supply*

Power Supply merubah tegangan input menjadi tegangan listrik yang dibutuhkan PLC. *Power supply* juga dapat memonitor

dan memberikan sinyal kepada CPU apabila tejadi suatu kesalahan. Dengan kata lain, *power supply* selain sebagai pemberi daya berfungsi juga sebagai proteksi komponen sistem.

- Input / Output Unit

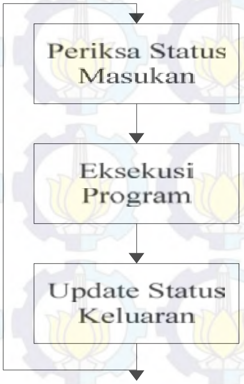
  Input / Output unit adalah struktur masukan dan keluaran yang terdapat dalam PLC dan menyebakan PLC tersebut dapat bekerja atau menjalankan instruksi programnya.

- Perangkat Pemrograman *(Program Device)*

  Bagian ini merupakan salah satu bagian dari sistem peralatan yang dibutuhkan oleh PLC untuk melakukan penginputan sebuah program yang akan diproses oleh PLC tersebut. Adapun bagian – bagian dari program console (PC) diantaranya: LCD Display, Mode Operasi, tombol–tombol instruksi, tombol–tombol operasi, dan tombol–tombol nomor.

2.3.4 Prinsip Kerja PLC

PLC merupakan peralatan elektronik yang dibuat dari *microprocessor* untuk memonitor keadaan input dari peralatan. Kemudian input tersebut digunakan untuk mengontrol keadaan output. Sebuah PLC bekerja secara kontinu dalam 3 langkah seperti terlihat dalam gambar 2.28 berikut:



Gambar 2.28 Prinsip Kerja PLC.

Langkah pertama yaitu periksa status masukan. PLC membaca nilai/kondisi dari terminal input dan menyimpannya dalam memori input. Pengolahan nilai input selanjutnya didasarkan pada nilai yang ada pada memori input. Hal ini dimaksudkan agar nilai input tetap konsisten selama langah pertama ini selesai. Apabila terjadi perubahan nilai input maka baru akan berpengaruh pada langkah berikutnya. Namun terdapat instruksi khusus apabila hendak mengambil nilai langsung dari terminal.

Langkah berikutnya yaitu eksekusi program. PLC akan mengeksekusi program satu demi satu menggunakan nilai pada memori input dan memperbaharui nilai pada memori output. Pemrograman PLC difokuskan pada bagian ini.

Setelah langkah eksekusi program berjalan. Maka dilanjutkan dengan pembahruan status keluaran. Terakhir PLC mengeluarkan nilai dari memori output ke terminal output dan selanjutnya ke perangkat luar output.

2.3.5 Bahasa Pemograman

Terdapat banyak pilihan bahasa untuk membuat program dalam PLC. Masing-masing bahasa mempunyai keuntungan dan kerugian tergantung dari sudut pandang kita sebagai user/pemogram. Pada umumnya terdapat 2 bahasa pemograman sederhana dari PLC, yaitu pemograman diagram ladder dan bahasa *instruction list. (mnemonic code).* Diagram Ladder adalah bahasa yang dimiliki oleh setiap PLC.

2.3.6 Ladder Diagram

Diagram Ladder menggambarkan program dalam bentuk grafik. Diagram ini dikembangkan dari kontak-kontak relay yang terstruktur yang menggambarkan aliran arus listrik. Dalam diagram ladder terdapat dua buah garis vertikal dimana garis vertikal sebelah kiri dihubungkan dengan sumber tegangan positif

catu daya dan garis sebelah kanan dihubungkan dengan sumber tegangan negatif catu daya.

Program ladder ditulis menggunakan bentuk *pictorial* atau simbol yang secara umum mirip dengan rangkaian kontrol relay. Program ditampilkan pada layar dengan elemen-elemen seperti *normally open contact, normally closed contact, timer, counter, sequencer,* dll ditampilkan seperti dalam bentuk *pictorial*.

Dibawah kondisi yang benar, listrik dapat mengalir dari rel sebelah kiri ke rel sebelah kanan, jalur rel seperti ini disebut sebagai *ladder line* (garis tangga). Peraturan secara umum di dalam menggambarkan program ladder diagram adalah:

- ❖ Daya mengalir dari rel kiri ke rel kanan
- ❖ *Output* koil tidak boleh dihubungkan secara langsung di rel sebelah kiri.
- ❖ Tidak ada kontak yang diletakkan disebelah kanan *output coil*
- ❖ Hanya diperbolehkan satu *output* koil pada *ladder line*.

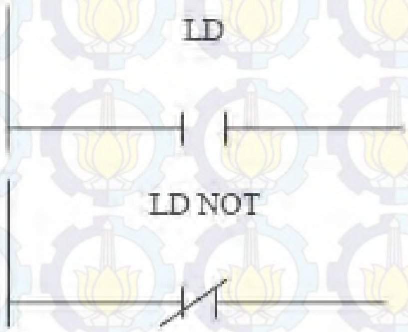
Dengan diagram ladder, gambar diatas direpresantisak menjadi:

Gambar 2.29 Diagram Ladder.

Diantar dua garis ini dipasang kontak-kontak yang menggambarkan kontrol dari switch, sensor atau output. Satu baris dari diagram disebut dengan satu rung. Input menggunakan simbol [ ] (kontak normally open) dan [/] (kontak normally close). Output mempunyai simbol ( ) yang terletak paling kanan.

2.3.6.1 Instruksi Dasar PLC dengan Menggunakan Ladder Diagram

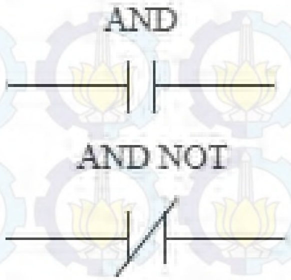
1) LD (*Load*) dan LD NOT (*Load not*)



Gambar 2.30 Simbol Diagram Ladder LD dan LD NOT.
(http://ayobelajarelektro.blogspot.com/)

Load adalah sambungan langsung dari *line* dengan logika pensakelarannya seperti sakelar NO sedangkan LD NOT logika pensakelarannya adalah seperti sakelar NC. Instruksi ini dibutuhkan jika urutan kerja pada suatu sistem kendali hanya membutuhkan satu kondisi *logic* saja untuk mengeluarkan satu keluaran.

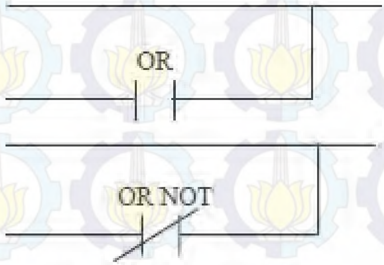
2) AND dan AND NOT



Gambar 2.31 Simbol Diagram Ladder AND dan AND NOT.
(http://ayobelajarelektro.blogspot.com/)

Apabila memasukkan logika AND maka harus ada rangkaian yang berada di depannya, karena penyambungannya seri. Logika pensaklarannya AND seperti sakelar NO dan AND NOT seperti sakelar NC. Instruksi tersebut dibutuhkan jika urutan kerja pada suatu sistem kendali membutuhkan lebih dari satu kondisi *logic* yang harus terpenuhi semuanya untuk memperoleh satu keluaran.

3) OR dan OR NOT



Gambar 2.32 Simbol Diagram Ladder OR dan OR NOT.
(http://ayobelajarelektro.blogspot.com/)

OR dan OR NOT dimasukkan seperti sakelar yang posisinya paralel dengan rangkaian sebelumnya. Instruksi tersebut

dibutuhkan jika *sequence* pada suatu sistem kendali membutuhkan salah satu saja dari beberapa kondisi *logic* yang terpasang paralel untuk mengeluarkan satu keluaran. Logika OR logika pensakelarannya adalah seperti sakelar NO dan OR NOT logika pensakelarannya seperti sakelar NC.

4) OUT

Gambar 2.33 Simbol Diagram Ladder OUT.
(http://ayobelajarelektro.blogspot.com/)

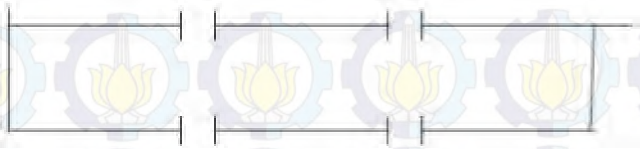
OUT digunakan sebagai keluaran dari beberapa instruksi yang terpasang sebelumnya yang telah membentuk suatu logika pengendalian tertentu. Logika pengendalian dari instruksi OUT sesuai dengan pemahaman pengendalian sistem PLC yang telah dibahas di atas di mana instruksi OUT ini sebagai koil relai yang mempunyai konak di luar perangkat lunak. Sehingga jika OUT memperoleh sinyal dari instruksi program yang terpasang maka kontak di luar perangkat lunak akan bekerja.

5) AND LD (And Load)

Gambar 2.34 Simbol Diagram Ladder And Load.
(http://ayobelajarelektro.blogspot.com/)

Penyambungan AND LD terlihat pada gambar 2.34 tersebut diatas, dimaksudkan untuk mengeluarkan satu keluaran tertentu.

6) OR LD (OR Load)

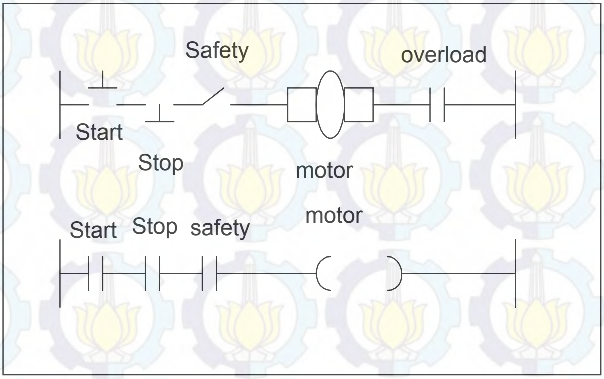


Gambar 2.35 Simbol Diagram Ladder OR Load.
(http://ayobelajarelektro.blogspot.com/)

Sistem penyambungannya seperti gambar 2.35 di atas pada prisnsipnya sama dengan AND NOT, di mana untuk memberikan keluaran sesuai dengan instruksi yang telah terpasang pada gambar tersebut.

2.3.6.2 Prinsip-prinsip Ladder Diagram PLC

Untuk memperlihatkan hubungan antara satu rangkaian fisik dengan ladder diagram yang mempresentasikannya, lihatlah rangkaian motor listrik pada gambar 2.36 dibawah ini. Motor dihubungkan ke sumber daya melalui 3 saklar yang dirangkai secara seri ditambah saklar *over load* sebagai pengaman. Motor akan menyala bila seluruh saklar dalam kondisi menutup.



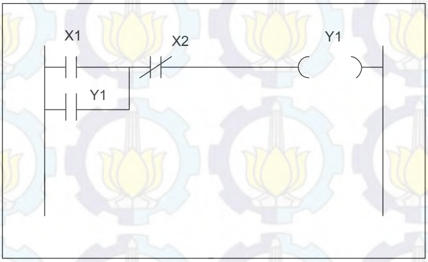
Gambar 2.36 Rangkaian start – stop motor.

Kesimpulan:

- Ladder diagram tersusun dari dua garis vertikal yang mewakili rel daya.
- Diantara garis vertikal tersebut disusun garis horizontal yang disebut *rung* (anak tangga) yang berfungsi untuk menempatkan komponen kontrol sistem.

2.3.6.3 Praktik Memori *Circuit (Latch)*

Rangkaian yang bersifat mengingat kondisi sebelumnya seringkali dibutuhkan dalam kontrol logic. Pada rangkaian ini hasil keluaran dikunci (*latching*) dengan menggunakan kontak hasil keluaran itu sendiri, sehingga walaupun input sudah berubah, kondisi *output* tetap.



Gambar 2.37 *Latching Circuit.*

2.4 Penelitian Sebelumnya

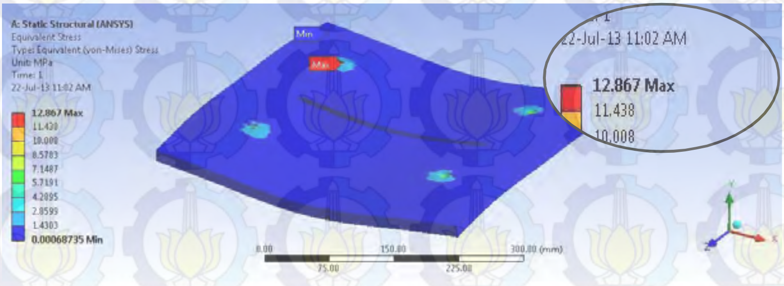
2.4.1 Desain Dan Analisa Struktur Mekanik Dan Instrumentasi Alat Uji Suspensi Sepeda Motor 1 DOF

Penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh M. Chosyiin Al Faris, ITS, 2013. Penelitian tersebut berupa analisa struktur mekanik dan instrumentasi alat uji suspensi sepeda motor 1 DOF. Hasil dari penelitin tersebut dapat dideskripsikan sebagai berikut:

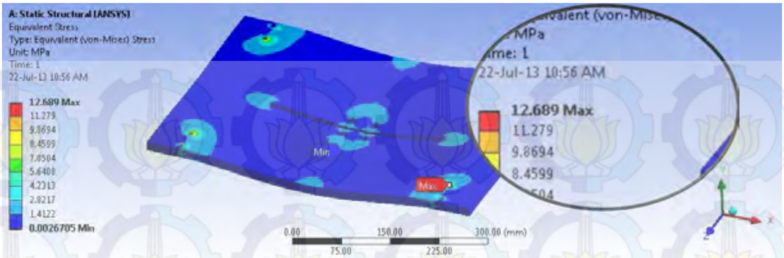
Suspensi adalah salah satu sistem pada sepeda motor yang berfungsi meredam kejutan, getaran yang terjadi pada kendaraan akibat permukaan jalan yang tidak rata. Suspensi dapat meningkatkan kenyamanan berkendara dan mengendalikan kendaraan. Sistem suspensi terdiri atas pegas, *shock absorber* dan komponen lainnya.

Perencanaan desain dan analisa numerik struktur mekanik dan instrumentasi alat uji suspensi dengan menggunakan penggerak tenaga hidrolik. Struktur mekanik alat uji ini dibuat dengan dimensi 1370 mm x 900 mm x 700 mm dengan bahan yang mampu meredam getaran saat dilakukan pengujian.

Gaya yang diberikan saat pengujian sebesar 1113 N. Dan gaya dari sistem hidrolik sebesar 2226 N. Tegangan yang terjadi pada *fixture* atas sebesar 9,6 x 10^6 N/m^2 (teoritis) dan 12,86 x 10^6 N/m^2 (numerik) dapat dilihat pada gambar 2.38. Tegangan pada *fixture* bawah 10,04 x 10^6 N/m^2 (teoritis) dan 12,689 x 10^6 N/m^2 (numerik) dapat dilihat pada gambar 2.39. Semua tegangan yang terjadi masih dibawah *yield strength* 2,35 x 10^8 N/m^2 jadi desain tersebut dapat dikatakan aman untuk digunakan. Desain dari sistem hidrolik dengan daya motor sebesar 0,45 KW, kapasitas pompa 11,005 cc/rev, dan tekanan maksimal yang dihasilkan sebesar 17,7 bar. Desain akhir dari alat uji suspensi sepeda motor 1 DOF dapat dilihat pada gambar 2.40.



Gambar 2.38 Hasil Analisa Tegangan *Fixture* Atas.
(digilib.its.ac.id)



Gambar 2.39 Hasil Analisa Tegangan *Fixture* Bawah. *(digilib.its.ac.id)*

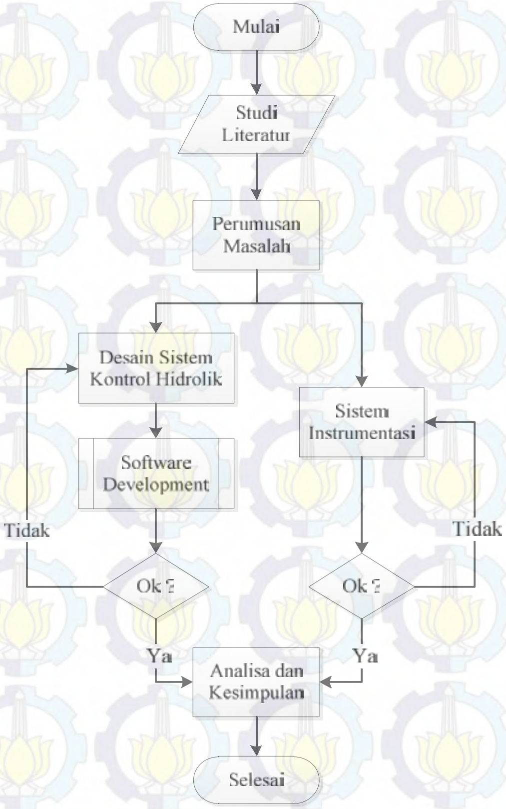
Gambar 2.40 Desain Akhir Alat Uji Suspensi Sepeda Motor 1 DOF. *(digilib.its.ac.id)*

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Dan Metode Penelitian Secara Umum

Metode penelitian harus dibuat dengan suatu analisa dan studi yang mampu menerangkan atau menjelaskan dengan jelas alur penelitian. Sehingga alur penelitian berjalan dengan teratur sesuai dengan tahap-tahap penelitian. Maka akan diuraikan dengan diagram alir sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian Secara Umum.

Mulai

Meliputi penentuan judul dan materi dari dosen pembimbing yang terinspirasi dari materi penelitian sebelumnya kemudian mencari referensi mengenai sistem hidrolik beserta komponen-kompenennya, sistem kontrol menggunakan PLC, sistem instrumentasi berupa sensor *accelerometer*, lalu mencari dan mendownload software *Automation Studio*.

Studi Literatur

Mencari data dan informasi sebanyak mungkin, mempelajari cara mengenai sistem hidrolik beserta komponen-kompenennya, sistem kontrol menggunakan PLC, sistem instrumentasi berupa sensor accelerometer beserta penggunaanya dan jenis-jenisnya dan penggunaan software *Automation Studio* dari media cetak maupun elektronik guna lancarnya penggunaan.

Perumusan Masalah

Merumuskan masalah bahwa dibutuhkan suatu penelitian untuk mendesain sistem hidrolik beserta sistem kontrolnya pada alat uji suspensi sepeda motor mengunakan sistem PLC, karena penelitian sebelumya sistem kontrolnya masih menggunakan elektrohidrolik sehingga alat tersebut tidak dapat beroperasi dengan maksimal. Kemudian menentukan sistem instrumennya untuk mendapatkan hasil pengukuran berupa percepatan (gerak) ketika alat tersebut beroperasi.

Desain Sistem Kontrol Hidrolik

Setelah merumuskan masalah, dilanjutkan dengan mendesain sistem hidrolik berupa sirkuit dan pemilihan komponen-kompenen sistem hidrolik. Kemudian dilanjutkan dengan mendesain sistem kontolnya meliputi pembuatan elektrohidrolik dan ladder diagram pada PLC. Desain sistem kontrol hidrolik ini menggunakan software.

Software Developement

Software yang digunakan pada desain sistem kontrol hidrolik pada alat uji suspensi sepeda motor baik dari sirkuit

hidrolik, wiring diagram dan pembuatan ladder diagram PLC menggunakan software *Automation Studio*.

Sistem Instrumentasi

Sistem Instrumentasi adalah alat-alat piranti (device) yang dipakai untuk pengukuran dan pengendalian dalam suatu sistem. Instrumentasi yang digunakan pada alat uji suspensi sepeda motor adalah sebagai alat pengukuran percepatan (gerak) ketika alat tersebut beropersi. Alat pengukuran yang digunakan adalah sensor *accelerometer*.

Kriteria OK

Dikatakan OK, untuk desain sistem hidrolik adalah desain dapat beroperasi, mampu menggerakkan dengan kebutuhan yang dibutuhkan, menggunakan komponen yang sedikit. Untuk sistem instrumentasinya adalah sensor *accelerometer* dengan *single axis*, keluaran dari sensor berupa digital, mempunyai spesifikasi sesuai dengan karakteristik alat uji tersebut.

Analisa dan Kesimpulan

Setelah desain sistem kontrol hidrolik berhasil dibuat dan dijalankan dalam software automation studio serta penentuan sensor accelerometer maka dilakukan tahap selanjutnya yaitu analisa sistem. Penilaian dalam analisis ini menggunakan standar ANSI meliputi rangkaian, kinerja, keamanan, dan efisisensi.

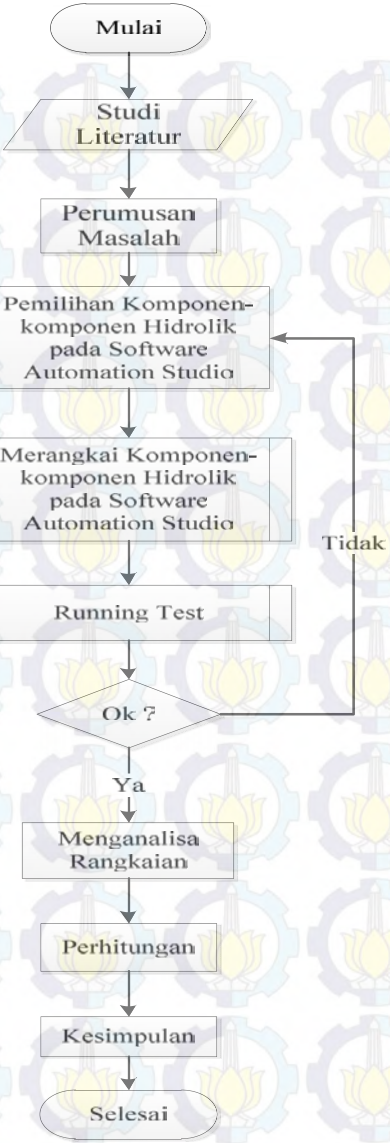
Kesimpulan

Setelah melakukan langkah analisis maka dapat diambil kesimpulan rangkaian kontrol sistem hidrolik alat uji suspensi sepeda motor dengan sensor *accelerometer* sebagai alat instrumentasi mana yang lebih efsiensi dan sederhana rangkaian kontrolnya serta yang mudah untuk dilakukannya otomasi.

Selesai.

Setelah pengambilan kesimpulan selesai maka langkah-langkah diatas diulang kembali untuk mendapatkan hasil yang lebih baik lalu dapat dibuat untuk laporan.

3.2 Diagram Alir Desain dan Simulasi Sistem Hidrolik



Gambar 3.2 Diagram Alir Sistem Hidrolik.

Mulai

Meliputi mencari, mendownload, dan menginstal software *automation studio*.

Studi Literatur

Mencari data dan informasi sebanyak mungkin, mempelajari cara penggunaan software automation studio dari media cetak maupun elektronik guna lancarnya penggunaan.

Perumusan Masalah

Merumuskan masalah bahwa dibutuhkan suatu penelitian untuk mendesain sistem hidrolik beserta penentuan komponen-kompenen pada alat uji suspensi sepeda motor.

Pemilihan Komponen

Setelah mengetahui dasar-dasar hidrolik maka langkah selanjutnya yaitu memilih komponen hidrolik digunakan sebagai simulasi hidrolik pada *automation studio*.

Merangkai komponen-komponen hidrolik pada software *automation studio*

Setelah komponen dipilih maka dilakukan merangkai komponen sesuai kebutuhan dan fungsinya sampai terbentuk sirkuit hidrolik. Komponen-komponen itu dirangkai pada software *automation studio*.

Running Test

Setelah komponen-komponen hidrolik dipilih dan dirangkai maka sistem hidrolik siap untuk disimulasikan. Apabila rangkaian tidak dapat berjalan dengan seharusnya maka kembali ke langkah sebelumnya yaitu pemilihan komponen hidrolik pada automation studio dan diperiksa kembali apakah rangkaian sudah sesuai atau tidak.

Kriteria OK

Dikatakan OK, untuk desain sistem hidrolik adalah desain dapat beroperasi ketika dilakukannya simulasi dengan gerakan

yang dibutuhkan yaitu naik dan turun, mampu menggerakkan dengan karakteristik beban yang dibutuhkan, menggunakan komponen yang sedikit tetapi dapat mencukupi yang dibutuhkan oleh sistem.

Menganalisa Rangkaian

Setelah rangkaian berhasil dibuat dan dijalankan dalam software automation studio maka dilakukan tahap selanjutnya yaitu analisa rangkaian. Penilaian dalam analisis ini menggunakan standar ANSI meliputi kinerja, keamanan, dan efisisensi.

Perhitungan

Setelah menganalisa rangkaian, dilakukannya tahap perhitungan. Tahap ini meliputi perhitungan gaya maksimal yang diterima oleh silinder, tekanan pada silinder, kapasitas pelumas, dan daya motor.

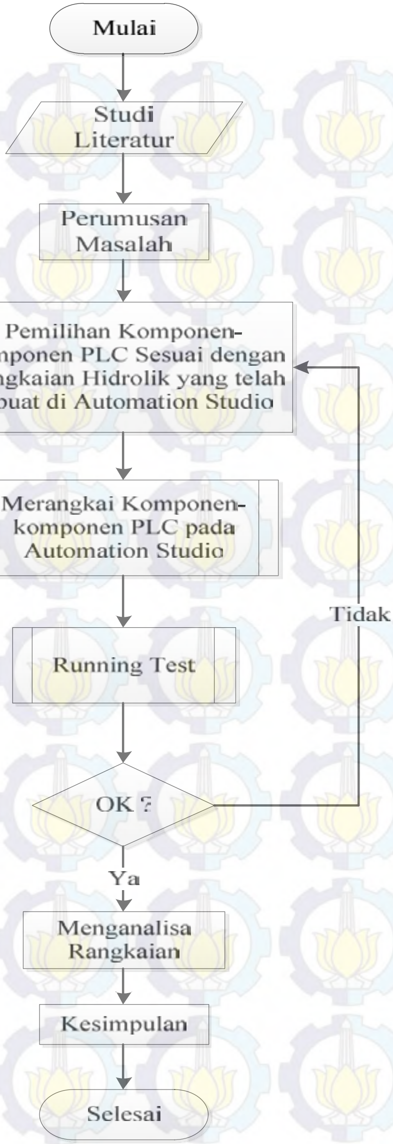
Kesimpulan

Setelah melakukan langkah analisis rangkaian dan disertai melakukan perhitungan sistem hidrolik maka dapat diambil kesimpulan bahwa rangkaian sistem hidrolik alat uji suspensi sepeda motor mana yang lebih efsiensi dan sederhana rangkaian kontrolnya.

Selesai.

Setelah pengambilan kesimpulan selesai maka langkah-langkah diatas diulang kembali untuk mendapatkan hasil yang lebih baik lalu dapat dibuat untuk laporan.

3.3 Diagram Alir Simulasi PLC Hidrolik



Gambar 3.3 Diagram Alir Simulasi PLC Hidrolik.

Mulai

Meliputi mencari, mendownload, dan menginstal software *automation studio*.

Studi Literatur

Mencari data dan informasi sebanyak mungkin, mempelajari cara penggunaan software automation studio dan mempelajari sistem PLC dari media cetak maupun elektronik guna lancarnya penggunaan.

Perumusan Masalah

Merumuskan masalah bahwa dibutuhkan suatu penelitian untuk mendesain sistem kontrol hidrolik beserta penentuan komponen-kompenen sistem kontrolnya pada alat uji suspensi sepeda motor.

Pemilihan Komponen

Setelah mengetahui dasar-dasar tentang sistem kontrol berupa PLC maka langkah selanjutnya yaitu memilih komponen PLC yang digunakan sebagai simulasi sistem kontrol pada sistem hidrolik yang sudah dibuat pada software *automation studio*.

Merangkai komponen-komponen PLC pada software *automation studio*

Setelah komponen dipilih maka dilakukan merangkai komponen sesuai kebutuhan dan fungsinya sampai terbentuk Ladder diagram PLC. Komponen-komponen itu dirangkai pada software *automation studio*.

Running Test

Setelah komponen-komponen PLC dipilih dan dirangkai maka sistem kontrol PLC siap untuk disimulasikan untuk sistem hidrolik yang sudah dibaut. Apabila rangkaian tidak dapat berjalan dengan seharusnya maka kembali ke langkah sebelumnya yaitu pemasangan komponen Ladder diagram PLC

pada automation studio diperiksa kembali apakah rangkaian sudah sesuai atau tidak.

Kriteria OK

Dikatakan OK, untuk desain sistem simulasi PLC hidrolik dapat mengontrol gerakan dari sebuah silinder yaitu naik dan turun, mampu menggerakkan dengan kebutuhan yang dibutuhkan, menggunakan komponen yang sedikit.

Menganalisa Rangkaian

Setelah rangkaian berhasil dibuat dan dijalankan dalam software automation studio maka dilakukan tahap selanjutnya yaitu analisa rangkaian. Penilaian dalam analisis ini menggunakan standar ANSI meliputi kinerja, keamanan, dan efisisensi.

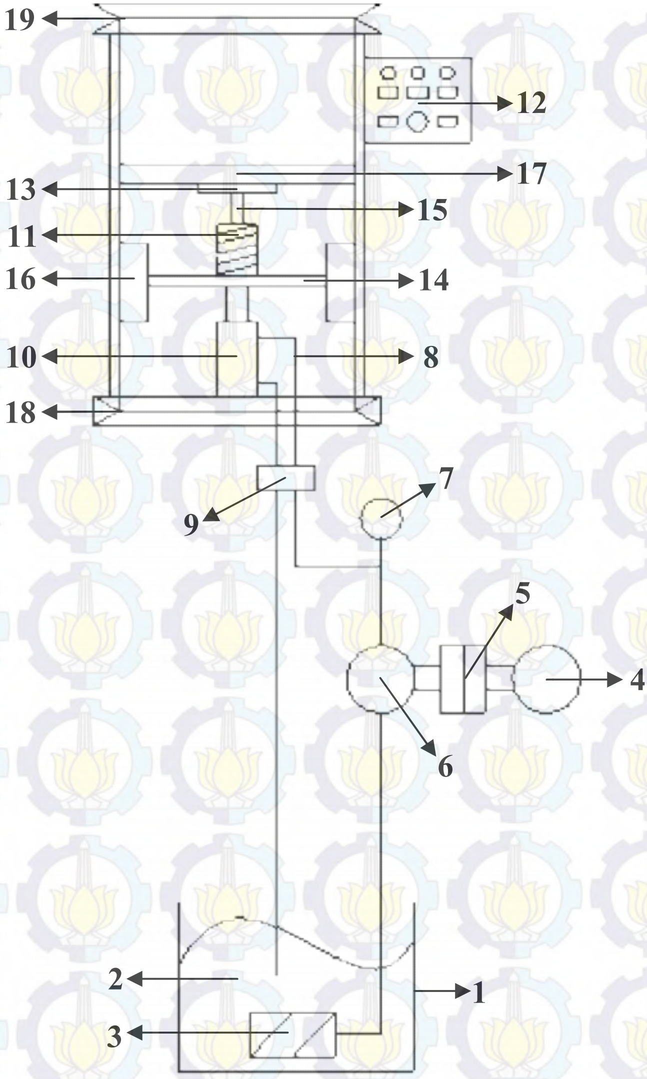
Kesimpulan

Setelah melakukan langkah analisis rangkaian maka dapat diambil kesimpulan bahwa rangkaian sistem kontrol menggunakan ladder diagram pada sistem hidrolik alat uji suspensi sepeda motor mana yang lebih efsiensi dan sederhana rangkaian kontrolnya.

Selesai.

Setelah pengambilan kesimpulan selesai maka langkah-langkah diatas diulang kembali untuk mendapatkan hasil yang lebih baik lalu dapat dibuat untuk laporan.

3.4 Skema Sistem Hidrolik



Gambar 3.4 Skema Sistem Hidrolik.

Keterangan:

1. Tangki Pelumas (oli)
2. Pelumas (oli)
3. *Filter/strainer*
4. Motor Listrik
5. Kopling
6. Pompa Hidrolik
7. *Pressure Gauge*
8. *Flexible Hose*
9. *Directional Control Valve* (DCV)
10. Silinder Hidrolik
11. Pegas Jenis Spiral
12. *Box Control*
13. *Fixture* Atas *(Sprung mass)*
14. *Fixture* Bawah *(Unsprung mass)*
15. *Adjustment*
16. *Linear Guide*
17. *Mass Holder*
18. *Base*
19. *Frame*

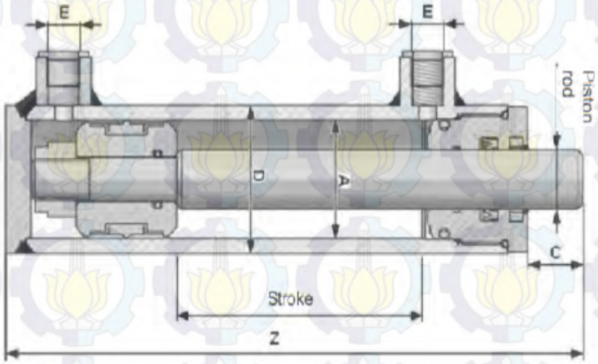
Skema sistem hidrolik pada alat uji suspensi diatas adalah sebagai dasar perancangan dari desain sirkuit hidrolik dan sirkuit sistem kontrol baik perencanaan elektrohidrolik maupun perancangan ladder diagram PLC yang menggunakan *software Automation Studio* sebagai software simulasi dari perancangan sirkuit hidrolik dan kontrol tersebut.

3.5 Spesifikasi Silinder Hidrolik

Spesifikasi silinder hidrolik didapat dari katalog yang sudah memenuhi perencanaan atau kebutuhan dari alat uji suspensi sepeda motor. Berikut spesifikasi dan gambar silinder sebagai berikut:

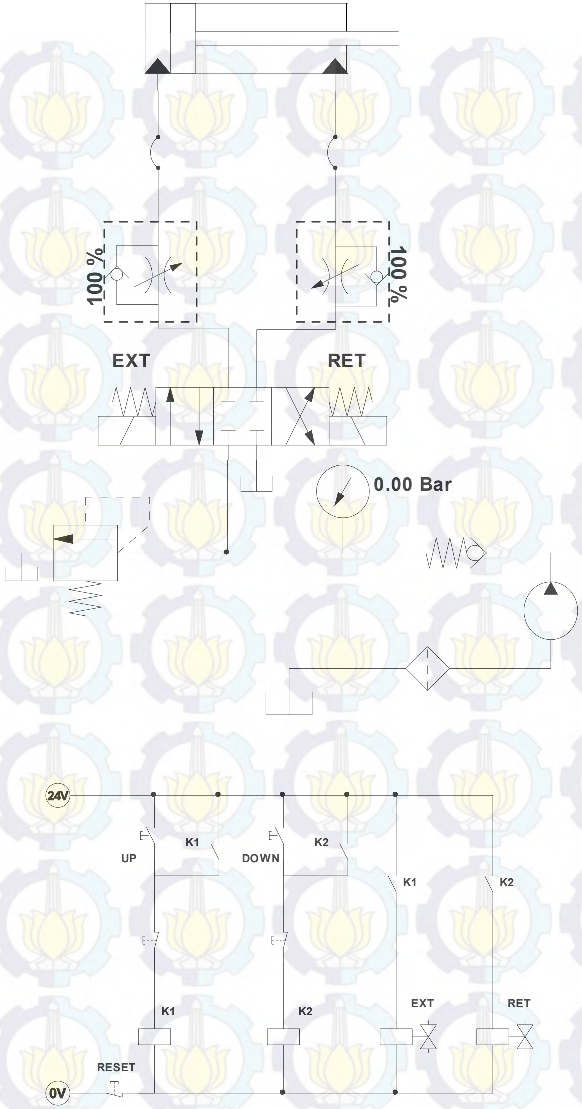
Tabel 3.1 *Spesifikasi silinder hidrolik.*

Silinder ***Double Acting***	
NAMA	UKURAN
Diameter Piston (A)	40 mm
Diameter rod	25 mm
Diameter Silinder (D)	50 mm
Panjang Stroke	100 mm
Max. Operating Pressure	200 bar / 20 MPa
Panjang silinder Double Acting (Z)	230 mm
Piping Size (E)	¼ inchi / 6,35 mm
Total weight	2,75 kg



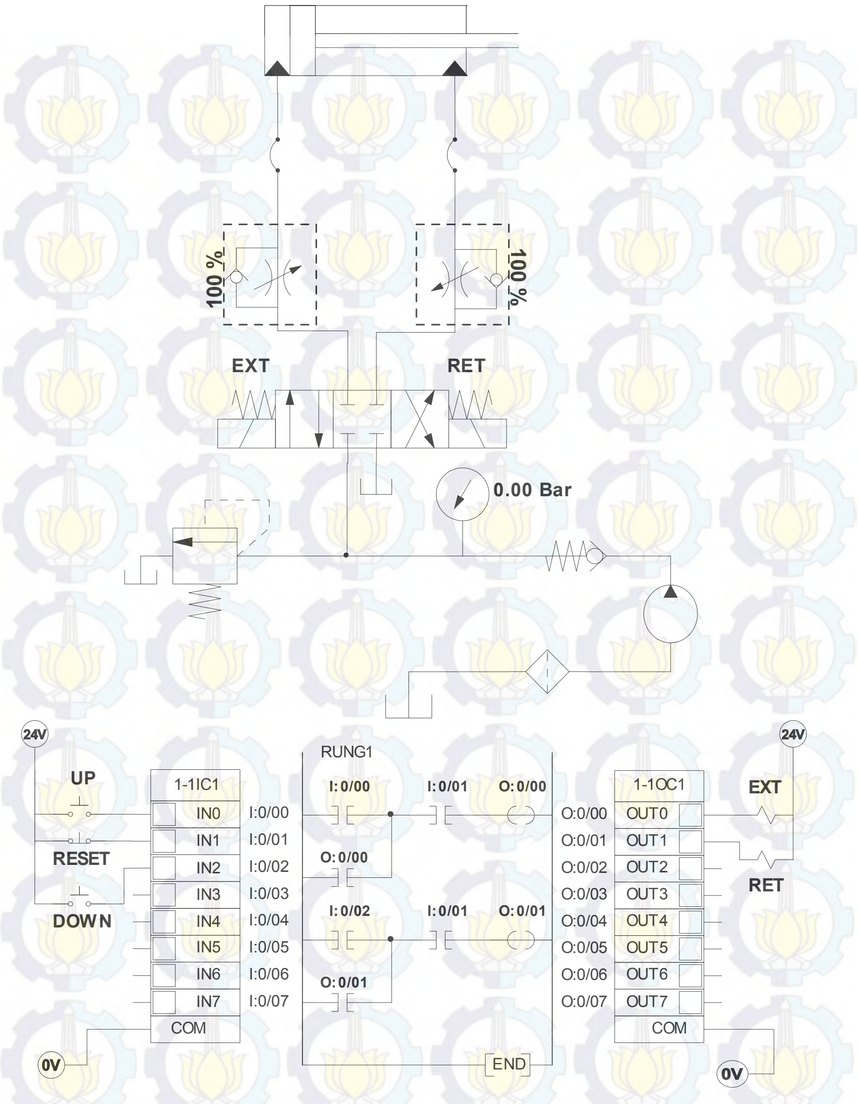
Gambar 3.5 Silinder Hidrolik.

3.6 Wiring Diagram



Gambar 3.6 Wiring Diagram Sistem Hidrolik.

3.7 Rangkaian PLC hidrolik menggunakan ladder diagram



Gambar 3.7 Rangkaian PLC Hidrolik menggunakan Ladder Diagram.

3.8 Sensor *Accelerometer*

Sensor yang akan digunakan didalam alat uji ini sebagai pembaca dari perubahan kerja dari silinder adalah Sensor accelerometer. Sensor *aceelerometer* sendiri adalah sebuah sensor yang dapat mengukur percepatan, mendeteksi dan mengukur getaran *(vibrasi)* benda pada kendaraan, mesin dan instalasi pengaman serta mengukur percepatan akibat gravitasi. Percepatan *(acceleration)* yang terjadi merupakan keadaan dimana berubahnya kecepatan terhadap waktu. Percepatan yang terjadi bergantung pada arah karena penurunan kecepatan merupakan besaran vektor. Untuk memperoleh data jarak pada sensor *accelerometer* memerlukan proses integral ganda terhadap hasil data yang dikeluarkan oleh sensor. Sensor *accelerometer* mengukur percepatan akibat gerakan benda yang melekat padanya. Dibawah ini merupakan salah satu contoh jenis *accelerometer*.

Gambar 3.8 *Single Axis Accelerometer*.
(http://www.alibaba.com/)

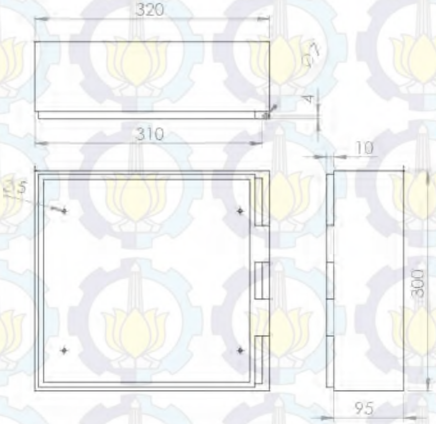
Spesifikasi dari sensor *Accelerometer Single Axis* Accelerometer ADXL180: 50g–500g (Configurable, High-G) dijelaskan sebagai berikut:

Tabel 3.2 *Absolute Maximum Ratings.*

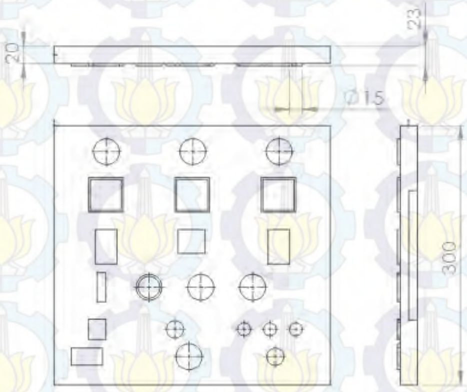
Parameter	**Rating**
Supply Voltage (V_{BP}-V_{BN})	-0.3V to +21V
Voltage at Any Pin with Respect to V_{BP} Except V_{BN}	-0.3V to V_{OD} +0.3V
Storage Temperature Range	-55°C to +150°C
Soldering Temperature	255°C
Operating Temperature Range	-40°C to +125°C
ESD All Pins	1.5 kV HBM
Latch-Up Current	100 mA
Storage Temperature	-65°C to +150°C
Mechanical Shock (Unpowered)	±4000 *g* (0.5 ms, half sine)
Mechanical Shock (Powered)	±2000 *g* (0.5 ms, half sine)
Drop Test (onto Concrete)	1.2 m
Thermal Gradient	±20°C/minute

3.9 Gambaran Desain Box Kontrol Alat Uji Suspensi Sepeda Motor 1 DOF

Gambaran desain dari box kontrol pada alat uji suspensi sepeda motor mengikuti dimensi pada PLC yang digunakan dalam sistem kontrol pada alat tersebut. Berikut geometri dari desain box kontrol seperti dibawah ini:



Gambar 3.9 Geometri *Box Control.*



Gambar 3.10 Geometri *Cover Box Control.*

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV
HASIL DAN ANALISA

Pada bab IV dibahas mengenai analisa teoritis terhadap desain sistem hidrolik dan simulasi sistem kontrol menggunakan ladder diagram PLC pada alat uji suspensi sepeda motor. Dimulai dengan deskripsi umum mengenai sistem kontrol alat uji suspensi sepeda motor. Kemudian dilanjutkan dengan tahap perhitungan, hasil desain sirkuit hidrolik, hasil simulasi rangkaian sistem kontrol hidrolik beserta rangkaian listrik elektrik hidroliknya, pembuatan diagram *Sequential Functional Chart* (SFC) pada sistem hidrolik alat uji suspensi sepeda motor dan pembuatan blok diagram instrumentasinya serta desain akhir sistem kontrol alat uji suspensi sepeda motor.

4.1 Deskripsi Umum

Desain sistem kontrol hidrolik alat uji suspensi sepeda motor telah didiskripsikan secara singkat pada bab III. Komponen utama dari sistem ini adalah untuk sistem hidrolik ada pompa hidrolik, *reservoir, filter, valve, flexible hose, pressure gauge* dan aktuator. Sedangkan untuk sistem kontrolnya menggunakan 4/3-*way double solenoid control valve* yang dikontrol dengan sebuah unit PLC dengan metode ladder diagram.

4.2 Tahap Perhitungan

Pada tahapan ini dilakukan analisa secara teoritis mengenai sistem hidrolik alat uji suspensi sepeda motor. Pertama adalah menghitung gaya maksimum yang diterima oleh silinder hidrolik. Kemudian menghitung tekanan yang diterima oleh silinder dan kapasitas yang dihasilkan oleh pompa hidrolik serta menghitung daya motor pada pompa hidrolik.

4.2.1 Perhitungan Gaya Silinder Hidrolik

Pada sistem hidrolik alat uji suspensi terdapat 1 silinder hidrolik sebagai penggerak suspensi. Berdasarkan gaya yang dibebankan pada suspensi sebesar 226.99 kgf atau 2226 N didapatkan dari data penelitian sebelumnya. Maka didapatkan spesifikasi silinder hidrolik alat uji suspensi dari katalog dengan data sebagai berikut:

- ❖ Diameter Piston = 40 mm
- ❖ Diameter Rod = 25 mm
- ❖ Diameter Silinder = 50 mm
- ❖ Stroke = 100 mm
- ❖ Piping Size = ¼ inchi
  = 6,35 mm
- ❖ Efisiensi Silinder = 0,85
- ❖ Max. operating Pressure = 200 bar
- ❖ Kecepatan eksitasi kendaraan = 200 mm/s

Silinder jenis ini dipilih berdasarkan atas sirkuit hidrolik alat uji suspensi yang telah direncanakan dengan menggunakan silinder *double acting*. Pada kondisi tekanan kerja operasi maksimum dari silinder hidrolik tersebut, maka akan diperoleh besar gaya silinder teoritis maksimum yaitu:

➢ Luas Permukaan Piston (A)

$$A = \frac{\pi}{4}\, x\, (Dp)^2$$

$$= \frac{\pi}{4}\, x\, (0{,}04\ m)^2$$

$$= 1{,}256637\ .\ 10^{-3}\ m^2$$

$$= 1{,}27\ .\ 10^{-3}\ m^2$$

- Gaya Maksimum Silinder

$$F = P\ x\ A$$

$$= 200\ bar\ x \left|\frac{10^5\ Pa}{1\ bar}\right|\ x\ 1{,}256637\ .\ 10^{-3}\ m^2$$

$$= 25132{,}74\ N = 25{,}13\ kN$$

Didapatkan Gaya silinder hidrolik sebesar **25132,74 N** atau **25,13 kN** yang dapat memenuhi gaya maksimal yang diterima silinder hidrolik pada alat uji suspensi sepeda motor tersebut.

4.2.2 Perhitungan Tekanan Silinder Hidrolik

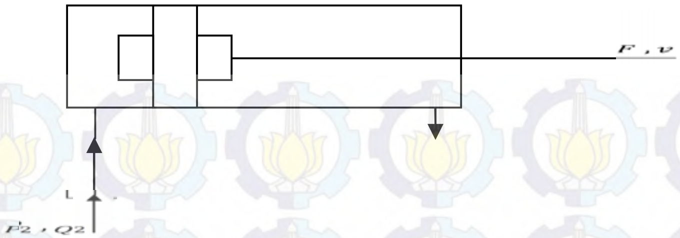
Dari hasil perhitungan gaya yang dibebankan pada silinder sebesar 2226 N atau 226.99 kgf dengan diameter silinder hidrolik yang sudah dipilih yaitu sebesar 40 mm maka besarnya tekanan silinder yang terjadi adalah sebagai berikut:

Tekanan silinder hidrolik saat penekanan $\boldsymbol{P_2 = \frac{F}{A}}$

$$P_2 = \frac{2226\ N}{1{,}256637\ .\ 10^{-3}\ m^2}$$

$$= 1771394{,}603\ Pa\ x \left|\frac{1\ bar}{10^5\ Pa}\right| = \mathbf{17{,}71}\ bar$$

Kemudian dilihat dari kinerja pada silinder hidrolik dimana efisiensi silinder hidrolik $\eta_{sh} = \frac{F\,x\,v}{P_2\,x\,Q_2}$ dengan besar efisiensi silinder hidrolik antara 0,80 – 0,95 (Majumdar, 2002).



Gambar 4.1 Definisi efisiensi pada silinder hidrolik.

4.2.3 Perhitungan Kapasitas Silinder Hidrolik

Dengan melihat gambar 4.1 maka besar kapasitas pelumas Q_2 pada silinder hidrolik yang dibutuhkan dapat ditentukan dengan menggunakan rumus:

$$Q_2 = \frac{F \; x \; v}{P_2 \; x \; \boldsymbol{\eta}_{sh}}$$

$$Q_2 = \frac{2226 \; N \; x \; 0{,}2 \; \frac{m}{s}}{1771394{,}603 \; \frac{N}{m^2} \; x \; 0{,}8} = 3{,}1415 \,.\, 10^{-4} \; \frac{m^3}{s} x \left|\frac{60 \; s}{1 \; menit}\right|$$

$$Q_2 = 1{,}88495 \,.\, 10^{-2} \; \frac{m^3}{menit} \; x \; \left|\frac{1000 \; liter}{1 \; m^3}\right| = 18{,}8495 \; \frac{liter}{menit}$$

$$Q_2 = \frac{18{,}8495 \; \frac{liter}{menit} \; x \; \left|\frac{1000 \; cc}{1 \; liter}\right|}{1370 \; \frac{rev}{menit}} = 13{,}75879 \; {}^{cc}/_{rev}$$

$$Q_2 = 13{,}76 \; {}^{cc}/_{rev}$$

Kebutuhan kapasitas pelumas silinder pada silinder alat uji suspensi sebesar **18,85 lpm** (liter per menit) atau **13,76 cc/rev** (centimeter cubic per revolusi) dengan putaran motor sebesar 1370 rpm (revolusi per menit) dari katalog. inilah yang dibutuhkan untuk menggerakkan silinder hidrolik alat uji suspensi sesuai dengan beban dan kecepatan yang diinginkan.

4.2.4 Perhitungan Daya Motor

Perhitugan daya motor digunakan untuk menentukan berapa daya motor yang dibutuhkan untuk menggerakkan pompa hidrolik sesuai dengan tekanan dan kapasitas yang telah ditentukan.

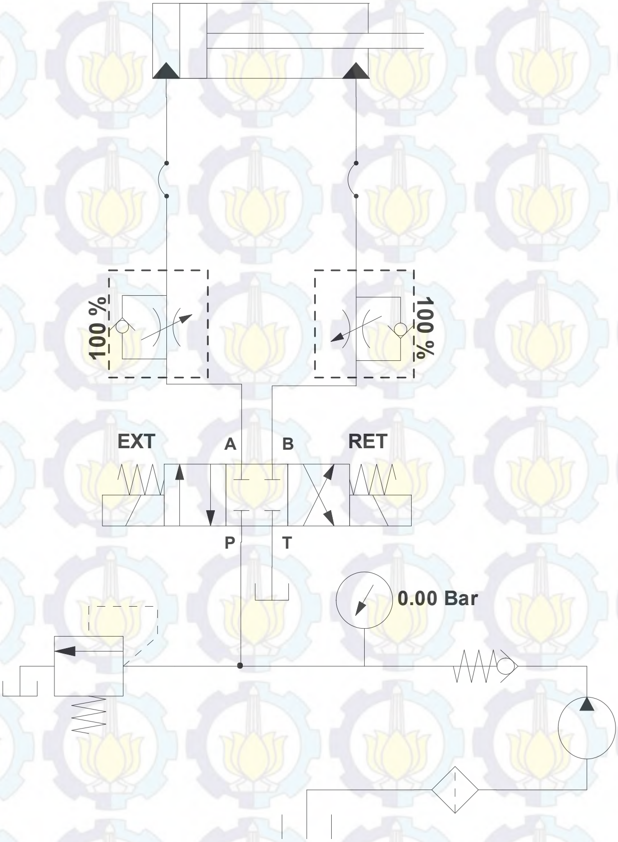
$$Daya\ Motor\ (N) = \frac{Q\ (lpm)\ x\ P\ (bar)}{600}$$

$$N = \frac{18{,}8495\ \frac{liter}{menit}\ x\ 1771394{,}603\ Pa\ x\ \left|\frac{1\ bar}{10^5\ Pa}\right|}{600}$$

$$N = 0{,}5564984\ kW$$

$$N = 0{,}56\ kW$$

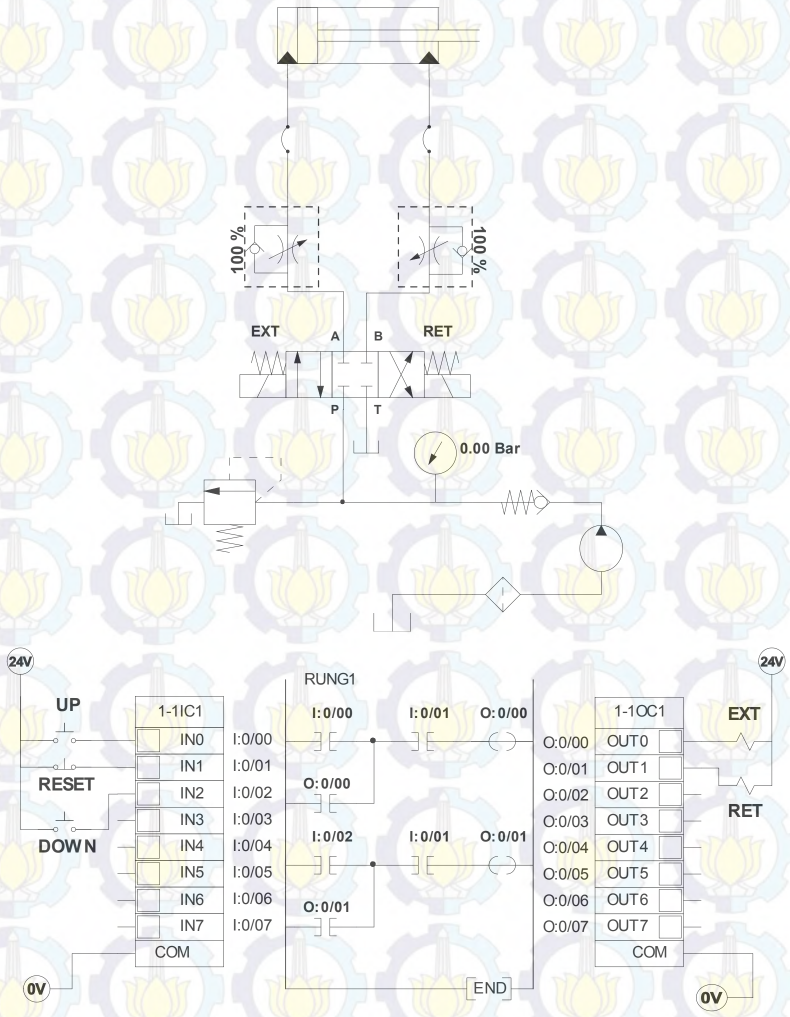
4.3 Desain Sirkuit Hidrolik



Gambar 4.2 Desain Sirkuit Hidrolik.

Desain sistem hidrolik ini digunakan sebagai sistem penggerak pada alat uji suspensi sepeda motor. Desain dari sistem hidrolik harus mampu memberikan gerak naik turun pada piston secara periodik dengan menggunakan *directional control valve* dan kecepatan yang dapat diatur oleh *flow control valve*.

4.4 Rangkaian PLC Hidrolik menggunakan Ladder Diagram



Gambar 4.3 Sirkuit PLC Hidrolik menggunakan Ladder Diagram.

Pengoperasian:

Ketika *push button* NO “UP” di tekan maka aliran yang mengalir pada “i:0/00” hanya teraliri arus pada saat *push button* UP di tekan. Pada saat dilepas tidak ada arus yang mengaliri “i:0/00” sehingga 4/3-*way double solenoid valve* akan teraktuasi kearah “EXTENDED”. Sehingga menyebabkan batang piston *double acting* bergerak naik hingga posisi *rod end*.

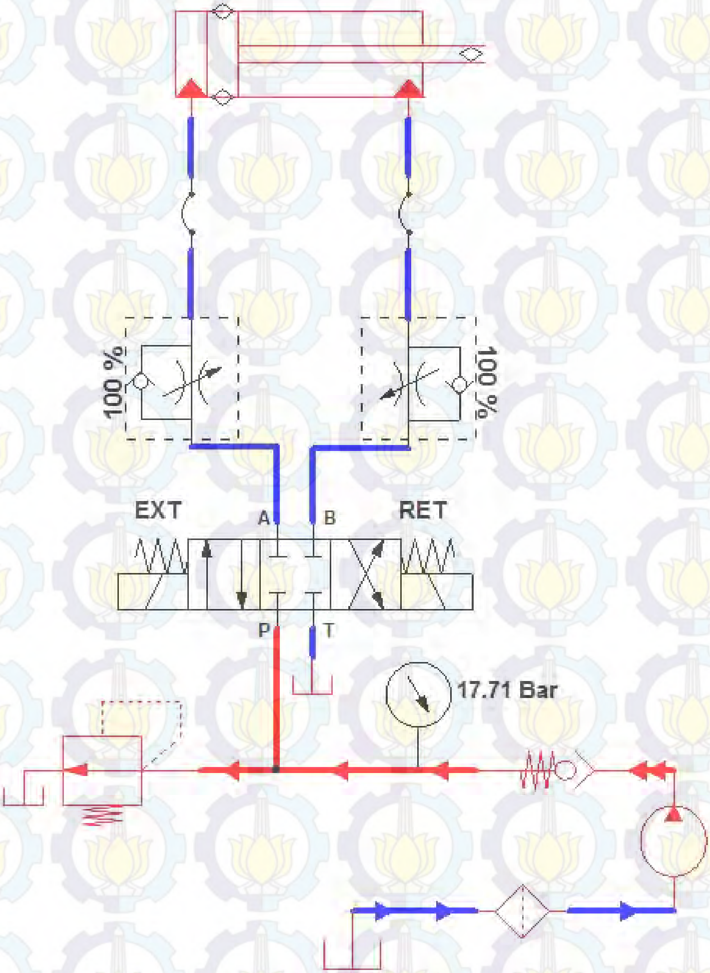
Ketika *push button* NC “RESET” di tekan maka aliran pada “i:0/01” akan terputus kemudian aliran pada “o:0/00” dan “o:0/01” akan terputus juga sehingga 4/3-*way double solenoid valve* akan kembali ke posisi semula/awal.

Ketika *push button* NO “DOWN” di tekan, maka aliran yang mengalir pada “i:0/02” hanya teraliri arus pada saat *push button* DOWN di tekan. Pada saat dilepas tidak ada arus yang mengaliri “i:0/02” sehingga 4/3-*way double solenoid valve* akan teraktuasi kearah “RETRACT”. Sehingga menyebabkan batang piston *double acting* bergerak turun hingga posisi *blank end*.

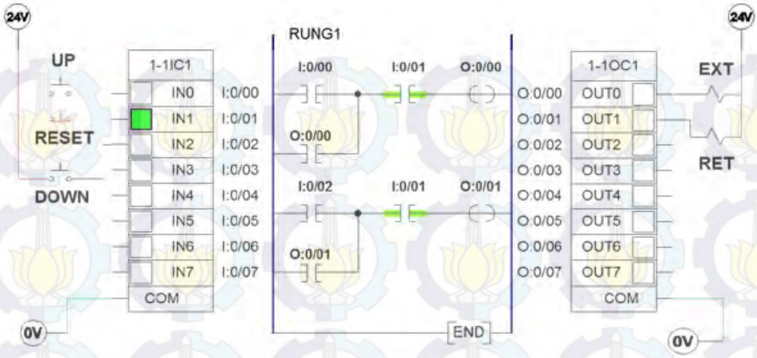
Tabel 4.1 *Daftar Komponen Sirkuit PLC Hidrolik.*

Jumlah	Keterangan
1	*Pressure Relief Valve*
1	*Displacement Pump (Gear Pump)*
1	4/3-*way double solenoid valve*
1	*Reservoir tank*
1	*Flexible Hose*
1	*Filter*
1	*Double Acting Cylinder*
2	*Flow Control valve*

4.4.1 Posisi Awal *(Reset)*



Gambar 4.4 Diagram sirkuit hidrolik pada posisi awal *(reset)*.



Gambar 4.5 Sirkuit PLC Hidrolik menggunakan Ladder Diagram pada saat silinder hidrolik pada posisi awal (*reset)*.

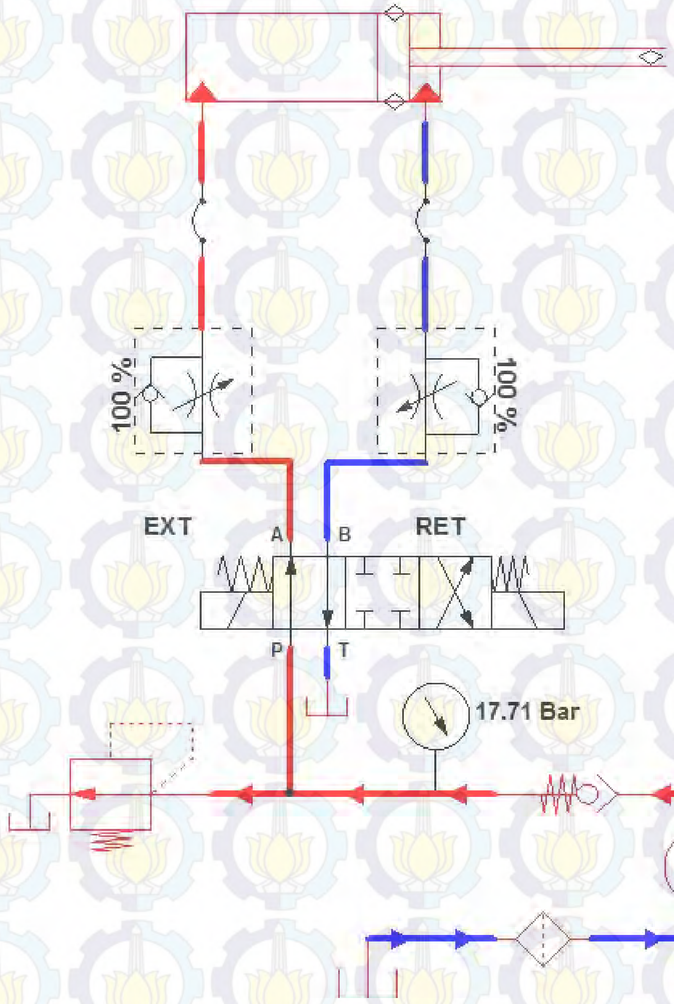
Pengoperasian:

Ketika push button NC "RESET" di tekan maka aliran pada "i:0/01" akan terputus sehingga aliran pada "o:0/00" dan "o:0/01" akan terputus juga sehingga 4/3-*way double solenoid valve* akan kembali ke posisi semula/awal.

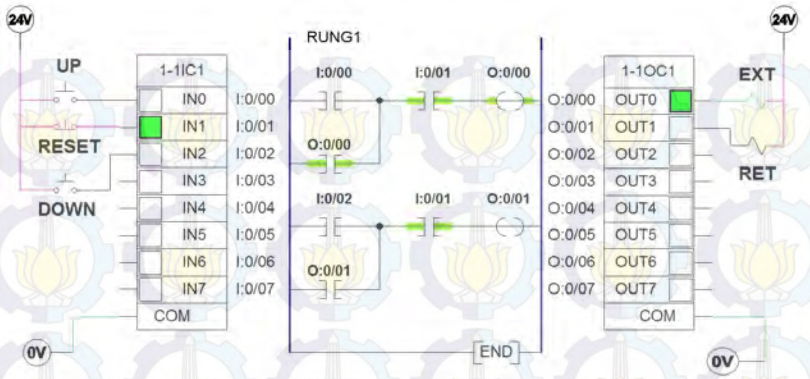
Hasil:

Hasil dari pengoperasian diatas adalah memutuskan aliran pada "i:0/01" sehingga "o:0/00" & "o:0/01" akan terputus. Terputusnya aliran "o:0/00" & "o:0/01" menyebabkan solenoid EXT & RET akan terputus juga alirannya sehingga menjadikan aktuator kembali ke posisi semula/awal seperti sebelum teraktuasi.

4.4.2 Posisi UP *(Extended)*



Gambar 4.6 Diagram sirkuit hidrolik pada posisi UP *(extend)*.



Gambar 4.7 Sirkuit PLC Hidrolik menggunakan Ladder Diagram pada saat silinder hidrolik pada posisi *extend*.

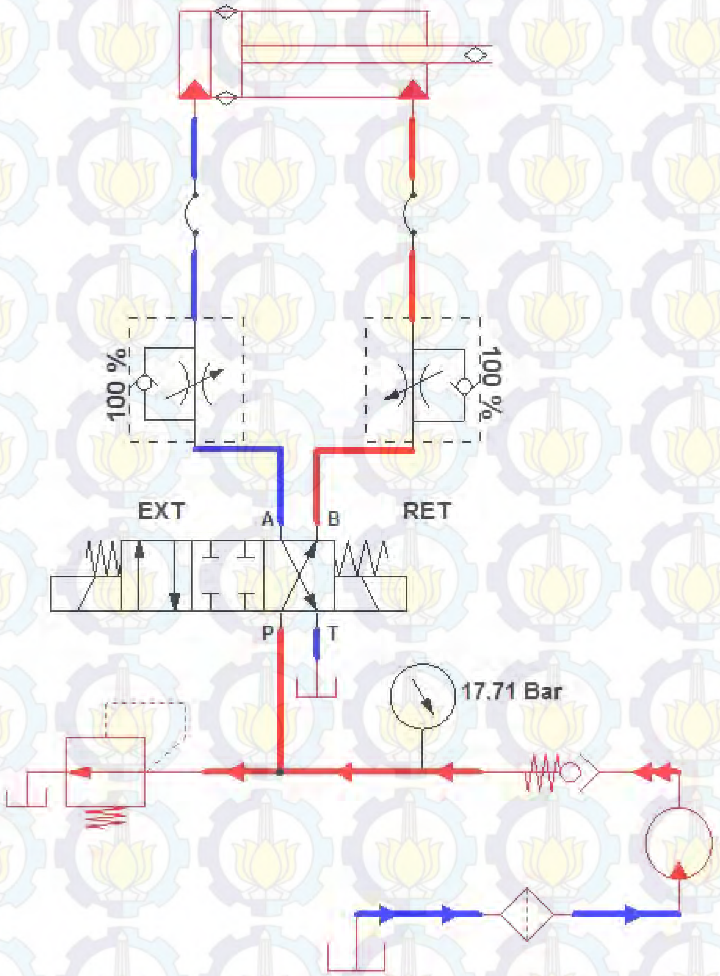
Pengoperasian:

Ketika *push button* NO "UP" di tekan maka aliran yang mengalir pada "i:0/00" hanya teraliri arus pada saat *push button* UP di tekan. Pada saat dilepas tidak ada arus yang mengaliri "i:0/00" sehingga 4/3-*way double solenoid valve* akan teraktuasi kearah "EXTENDED". Sehingga menyebabkan batang piston *double acting* bergerak naik hingga posisi *rod end*.

Hasil:

Hasil dari pengoperasian diatas adalah memberikan aliran ke "o:0/00" sehingga solenoid pada langkah EXT akan teraktusi, yang menyebabkan batang piston *double acting* bergerak naik hingga posisi *rod end* dengan kecepatan silinder yang dapat diatur hanya dengan mengaktuasikan bukaan katup *Flow Control Valve.*

4.4.3 Posisi DOWN *(Retract)*



Gambar 4.8 Diagram sirkuit hidrolik pada posisi DOWN *(retract)*.

Gambar 4.9 Sirkuit PLC Hidrolik menggunakan Ladder Diagram pada saat silinder hidrolik pada posisi *retract.*

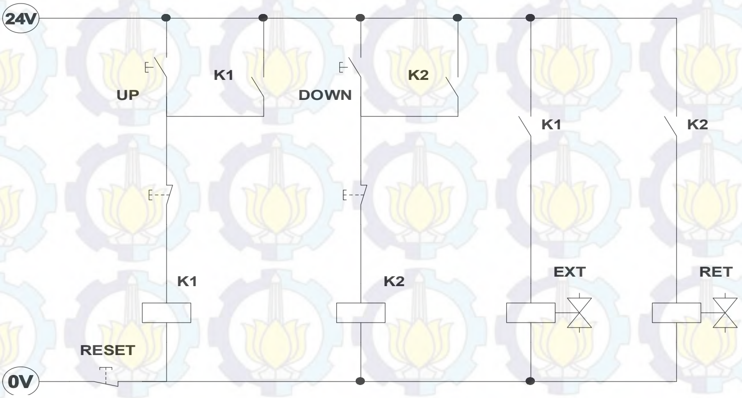
Pengoperasian:

Ketika *push button* NO “DOWN” di tekan, maka aliran yang mengalir pada “i:0/02” hanya teraliri arus pada saat *push button* DOWN di tekan. Pada saat dilepas tidak ada arus yang mengaliri “i:0/02” sehingga 4/3-*way double solenoid valve* akan teraktuasi kearah “RETRACT”. Sehingga menyebabkan batang piston *double acting* bergerak turun hingga posisi *blank end*.

Hasil:

Hasil dari pengoperasian diatas adalah memberikan aliran listrik ke “o:0/01” sehingga solenoid pada langkah RET akan teraktusi yang menyebabkan batang piston *double acting* bergerak turun hingga posisi *blank end* dengan kecepatan silinder yang dapat diubah hanya dengan mengaktuasikan bukaan katup *Flow Control Valve.*

4.5 Rangkaian Elektrik Hidrolik

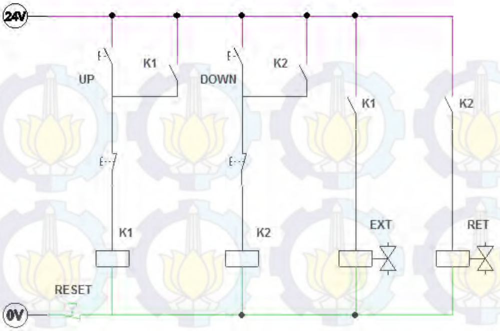


Gambar 4.10 Rangkaian listrik elektrik hidrolik.

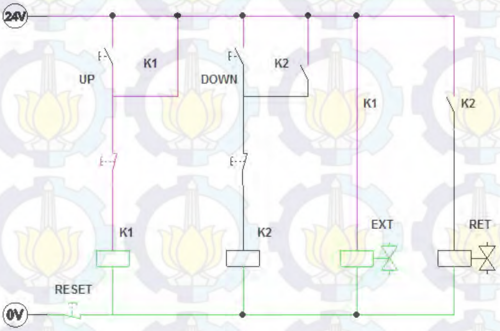
Ketika *push button* NC "RESET" ditekan maka aliran yang mengalir pada {K1, K2 (koil), EXT, RET (solenoid)} akan terputus alirannya seperti yang ditunjukan pada gambar 4.11 sehingga posisi DCV teraktuasi ke posisi semula/awal.

Ketika *push button* NO "UP" di tekan maka aliran yang mengalir hanya pada {K1 (koil), EXT (solenoid)} sehingga posisi DCV teraktuasi menjadi EXTENDED seperti yang ditunjukan pada gambar 4.12. Kemudian hidrolik terkatuasi ke posisi *extend* yang kemudian berada pada posisi *rod end,* sehingga menyebabkan silinder hidrolik *double acting* bergerak naik hingga posisi *rod end*.

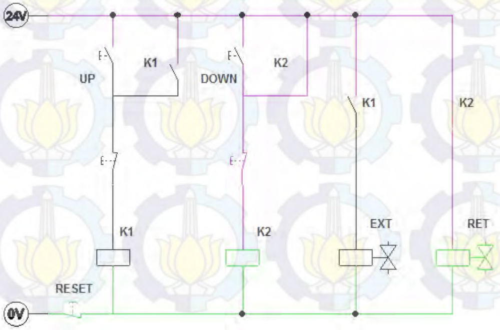
Ketika *push button* NO "DOWN" di tekan maka aliran yang mengalir hanya pada {K2 (koil), RET (solenoid)} sehingga posisi DCV teraktuasi menjadi RETRACT seperti yang ditunjukan pada gambar 4.13. Kemudian hidrolik terkatuasi ke posisi *retract* yang kemudian berada pada posisi *blank end*, sehingga menyebabkan silinder hidrolik *double acting* bergerak turun hingga posisi *blank end*.



Gambar 4.11 Rangkaian listrik elektrik hidrolik posisi awal/*reset*.

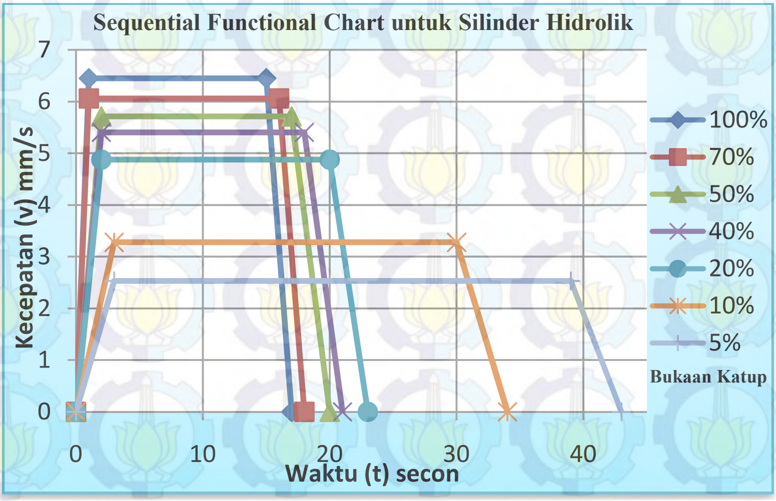


Gambar 4.12 Rangkaian listrik elektrik hidrolik posisi *extend*.

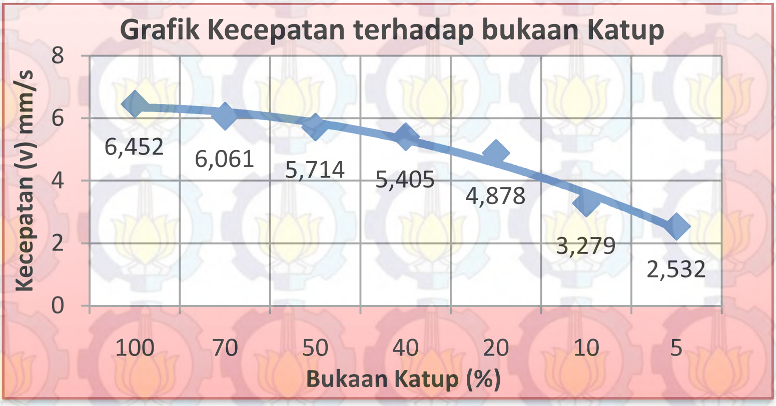


Gambar 4.13 Rangkaian listrik elektrik hidrolik *retract*.

4.6 *Sequential Functional Chart* (SFC) untuk silinder hidrolik alat uji suspensi sepeda motor 1 DOF



Gambar 4.14 *Sequential Functional Chart* untuk silinder hidrolik pada alat uji suspensi sepeda motor 1 DOF.



Gambar 4.15 Grafik kecepatan silinder hidrolik terhadap bukaan katup pada alat uji suspensi sepeda motor 1 DOF.

PROSES:

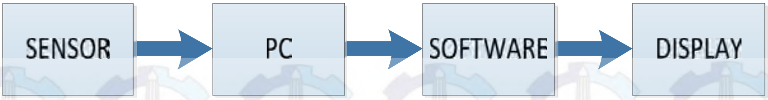
Pada saat silinder hidrolik diaktuasikan pada posisi extend yaitu silinder hidrolik ke arah atas menuju ke rod end memiliki kecepatan dan waktu kerja. Untuk melihat grafik kecepatan dan waktu dalam sistem kontrol dapat ditunjukkan atau dapat dilihat melalui *sequential functional chart* yang terdapat pada gambar 4.14. Pada saat akan silinder hidrolik akan bergerak, silinder hidrolik tidak mempunyai kecepatan (v_0), kemudian silinder mulai bergerak dan memiliki kecepatan. Pada saat silinder hidrolik mencapai waktu (t) detik, silinder memiliki kecepatan yang konstan yaitu (v_t) m/s. Silinder hidrolik tersebut pada alat uji suspensi sepeda motor 1 DOF untuk menggerakkan sebuah pegas spiral.

PENJELASAN:

Pada bukaan katup *Flow Control Valve* (FCV) sebesar 100% silinder hidrolik akan mempunyai kecepatan konstan setelah selang waktu 1 detik dengan kecepatan sebesar 6,45 mm/s selama selang waktu 14 detik, sedangkan dengan bukaan katup *flow control valve* sebesar 5% silinder hidrolik akan mempunyai kecepatan setelah selang waktu 3 detik dengan kecepatan konstan sebesar 2,53 mm/s selama selang waktu 36 detik. seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.15.

4.7 Diagram Blok Instrumentasi

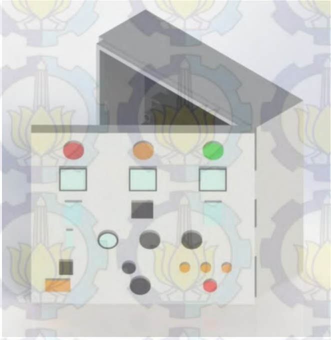
Gambar 4.16 merupakan diagram blok instrumentasi dari alat uji suspensi sepeda motor. Input dari data yang diperoleh saat pengujian yaitu percepatan ketika silinder hidrolik teraktuasi dari posis awal menuju ke *rod end* maupun *blank end*. Aktuasi dari silinder hidrolik tersebuat menyebabkan *mass holder*, *sprung mass* dan *unsprung mass* bergerak. Data percepatan yang terjadi diperoleh dari sensor *accelerometer* kemudian data tersebut akan dibaca dan diolah oleh sebuah software. Data tersebut berupa grafik getaran yang kemudian ditampilkan lewat display.



Gambar 4.16 Diagram Blok Instrumentasi.

Data percepatan dari sensor *accelerometer* merupakan keluaran data yang sudah berupa digital, bukan lagi berupa data analog, sehingga tidak diperlukannya lagi sebuah pengolahan data dengan sistem data akuisisi. Oleh karena itu, data tersebut sudah mendekati keluaran data yang sebenarnya.

4.8 Desain Akhir Box Kontrol Alat Uji Suspensi Sepeda Motor 1 DOF



Gambar 4.17 Desain Akhir Box Kontrol pada Alat Uji.

Desain dari box kontrol alat uji suspensi sepeda motor didesain sesuai dengan dimensi PLC yang berada dalam box kontrol tersebut dan sesuai dengan desain frame dari alat uji suspensi sepeda motor 1 DOF.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil dan analisa yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Didapatkan hasil perhitungan dari perencanaan sistem hidrolik adalah dengan daya motor sebesar 0,56 kW, kapasitas pompa sebesar 18,85 lpm atau 13,76 cc/rev, dan tekanan maksimal yang dihasilkan sebesar 17,71 bar serta gaya maksimum yang diterima oleh silinder sebesar 25,13 kN maka, desain dari sistem hidrolik tersebut dapat digunakan pada sistem alat uji suspensi sepeda motor.
2. Dengan menggunakan software *Automation Studio* diharapkan dapat merancang dengan memenuhi empat dasar sistem kontrol pada hidrolik yaitu wiring diagram, ladder diagram, elektrik hidrolik dan *Sequential Functional Chart.* Sehingga dapat dipergunakan sebagai dasar perancangan sistem hidrolik atau sistem-sistem lain yang menggunakan PLC sebagai sistem kontrolnya.
3. Dengan menggunakan PLC sebagai sistem kontrol maka sistem hidrolik dapat beroperasi dengan akurat, optimum, dan efisien serta memudahkan untuk diotomasi tanpa mengganti komponen-kompenen pada sistem hidrolik tersebut.
4. *Sequential Fuctional Chart* digunakan untuk mengetahui karakteristik dari silinder hidrolik.

5.2 Saran

1. Untuk membuat rancangan suatu sirkuit hidrolik dengan menggunakan sistem kontrol PLC dengan metode Ladder Diagram diperlukan data lengkap mengenai operasi/kerja dari alat tersebut.
2. Untuk membuat rancang bangun dari alat uji suspensi sepeda motor 1 DOF dengan sistem hidrolik sebagai alat penggeraknya dan sistem PLC sebagai sistem kontrolnya.

DAFTAR PUSTAKA

Automation Studio, *User's Guide*, Femic Technologies Inc, 2000.

Esposito Anthony, Fliud Power with Aplication, seventh edition, Pearson International Inc, New Jersey 2002.

McDonald's dan Fox, Introduction to Fluid Mechanics, eigthth edition, John Wiley & Sons, Inc, United States of America 2011.

Aryosetyo Jarot, *Proyek akhir pembuatan alat peraga sistem hidrolik,* Universitas Sebelas Maret. 2010.

Majumdar, S R, *Oil Hidraulic Systems principle and Maintenace,* Mc Graw Hill, 2001.

Iwan Setiawan, *Programmable Logic Controller dan Teknik Perancangan Sistem Kontrol*, Andi Yogyakarta, 2006.

Hendro Nurhadi, Mekatronika Dasar, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2012.

M. Chosyiin Al Faris, *Desain Dan Analisa Struktur Mekanik Dan Instrumentasi Alat Uji Suspensi Sepeda Motor 1 DOF*, Institut teknologi sepuluh nopember, 2013.

Rijal Wicaksono, *Perancangan Sistem Kontrol Hidraulik Pada Exhaust Damper di PLTGU PT. PJB Unit Pembangkitan Gresik*, Institut teknologi sepuluh nopember, 2013.

Nasyiatul Aisyiyah, *Desain Dan Analisa Unjuk Kerja Sistem Suspensi 1 DOF Pada Sepeda Motor*, Institut teknologi sepuluh nopember, 2013.

LAMPIRAN-LAMPIRAN

Lampiran 1: *Hydraulic Symbol*

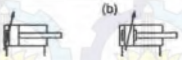
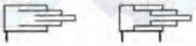
PUMPS

Graphic symbol	Item	Description
(a) (b)	Fixed displacement pump	One flow direction (a)
		Two flow directions (b)
(a) (b)	Variable displacement pump	One flow direction (a)
		Two flow directions (b)
	Hand pump	Lever pumping

MOTORS

Graphic symbol	Item	Description
(a) (b)	Fixed displacement motor	One rotation direction (a)
		Two rotation directions (b)
(a) (b)	Variable displacement motor	One rotation direction (a)
		Two rotation directions (b)
	Rotary actuator	Hydraulic motor with limited angle of rotation

CYLINDERS

Graphic symbol	Item	Description
(a) (b)	Single-acting cylinder	Return stroke by external force (a)
		Return stroke through a spring (b)
(a) (b)	Double-acting cylinder	Single rod (a)
		Double rod (b)
(a) (b)	Cylinder with fixed stroke end cushioning	Cushioning on one side (a)
		Cushioning on both sides (b)
(a) (b) 	Cylinder with adjustable stroke end cushioning	Cushioning on one side with adjustment (a)
		Cushioning on both side with adjustment (b)
(a) (b) 	Telescopic cylinder	Single-acting (a)
		Double-acting (b)

Lampiran1 : Lanjutan

Lampiran 1: Lanjutan

ENERGY TRANSMISSION AND ACCESSORIES

Graphic symbol	Item	Description
	Motor	Electric
	Motor	Engine
	Pipings and connections	Main
	Pipings and connections	Pilot
	Pipings and connections	Drain
	Pipings and connections	Flexible hose
	Pipings and connections	Connection point
	Pipings and connections	Crossing
	Branching	Closed
	Branching	With connected piping
	Coupling	Fast coupling
	Coupling	With check valves

Graphic symbol	Item	Description
	Reservoir	Pipings above level
	Reservoir	Pipings under level
	Reservoir	Pressurized reservoir
(a) (b)	Spool position sensor on-off	Mechanical microswitch (a) Inductive proximity sensor (b)
	Hydraulic accumulator	
	Filter	
	Heat exchanger	Heater
	Heat exchanger	Cooler
	Heat exchanger	Liquid operated cooler
	Pressure gauge	
	Pressure switch	
	Rotating shaft	1 direction
	Rotating shaft	2 directions

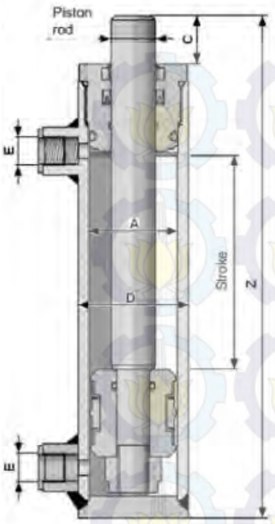
Lampiran 2

a) Spesifikasi Silinder Hidrolik

Cylinders
Pumps
Motors
Valves
Accumulators
Tanks
Filters
Accessories
Measure
700 bar
Units

Standard double-action cylinders – *basic version*

The following standard cylinders in the basic version can, upon customer request, be complemented with the components shown on pages 9 - 12.
Intermediate strokes can be supplied by stroke limitation or by special design.
Other special cylinders on request.



Code	Piston ø A	Stroke	Z	C	ø D	E	Piston rod ø 20 Total weight kg	Piston rod ø 25 Total weight kg
HK HM01 ** 0100		100	230				2.27	2.75
HK HM01 ** 0150		150	280				2.67	2.95
HK HM01 ** 0200		200	330				3.05	3.39
HK HM01 ** 0250		250	380				3.45	3.85
HK HM01 ** 0300		300	430				3.85	4.32
HK HM01 ** 0350	40	350	480	22	50	1/4"	4.27	4.79
HK HM01 ** 0400		400	530				4.65	5.26
HK HM01 ** 0450		450	580				5.08	5.72
HK HM01 ** 0500		500	630				5.49	6.20
HK HM01 25 0550		550	680				-	6.60
HK HM01 25 0600		600	730				-	7.13

*** Piston rod*

Code	Piston ø A	Stroke	Z	C	ø D	E	Piston rod ø 25 Total weight kg	Piston rod ø 30 Total weight kg
HK HM02 ** 0100		100	240				3.29	-
HK HM02 ** 0150		150	290				3.83	4.11
HK HM02 ** 0200		200	340				4.34	4.74
HK HM02 ** 0250		250	390				4.85	5.35
HK HM02 ** 0300		300	440				5.35	5.97
HK HM02 ** 0350		350	490				5.94	6.55
HK HM02 ** 0400	50	400	540	22	60	3/8"	6.4	7.20
HK HM02 ** 0450		450	590				7.3	7.80
HK HM02 ** 0500		500	640				7.43	8.42
HK HM02 ** 0550		550	690				8.06	9.04
HK HM02 ** 0600		600	740				8.46	9.64
HK HM02 ** 0800		800	940				10.71	12.10
HK HM02 ** 1000		1000	1140				12.87	14.57

*** Piston rod*

HK HM03 35 0200

Code	Piston ø A	Stroke	Z	C	ø D	E	Piston rod ø 30 Total weight kg	Piston rod ø 35 Total weight kg	Piston rod ø 40 Total weight kg
HK HM03 ** 0100		100	260				4.82	5.07	-
HK HM03 ** 0150		150	310				5.55	5.85	-
HK HM03 ** 0200		200	360				6.20	6.60	7.25
HK HM03 ** 0250		250	410				6.87	7.40	8.14
HK HM03 ** 0300		300	460				7.55	8.15	9.03
HK HM03 ** 0350		350	510				8.20	8.94	9.90
HK HM03 ** 0400	60	400	560	23	70	3/8"	8.90	9.72	10.79
HK HM03 ** 0450		450	610				9.53	10.47	11.64
HK HM03 ** 0500		500	660				10.25	11.25	12.52
HK HM03 ** 0550		550	710				10.86	12.00	13.45
HK HM03 ** 0600		600	760				11.60	12.81	14.30
HK HM03 ** 0800		800	960				14.26	15.87	17.82
HK HM03 ** 1000		1000	1160				17.00	18.93	21.40

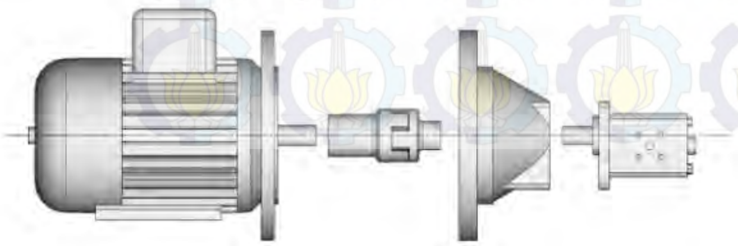
*** Piston rod*
Material: see page 5

b) Spesifikasi Motor Hidrolik

Motor pump combinations

Electric motor 400 V 1450 rpm; B3/B5	P in kW	Rated speed at 50 Hz in rpm	Power factor cos φ at 50 Hz	Motor size	Hole circle	Shaft Ø	Weight kg	Pump	Pump holder, rigid (aluminum)	Clutch damped (aluminum)
HK 71 A4 B35 2-4 A	0.25	1410	0.67	71	130	14	6.1	0-ABBA European standard	HK HL1	HK HE 21
HK 71 B4 B35 2-4 A	0.37	1380	0.72				6.7		HK HL1	HK HE 21
HK 80 A4 B35 2-4 A	0.55	1380	0.74	80	165	19	8.9		HK HL4L	HK HE 22
HK 80 B4 B35 2-4 A	0.75	1370	0.76				9.6		HK HL4L	HK HE 22
HK 71 A4 B35 2-4 A	0.25	1410	0.67	71	130	14	6.1	European standard size 1 Hole pattern 71.9 x 52.4 Centering diam. 25.4 Conical shaft 1:8	HK HL2	HK HE2
HK 71 B4 B35 2-4 A	0.37	1380	0.72				6.7			
HK 80 A4 B35 2-4 A	0.55	1380	0.74	80	165	19	8.9		HK HL5L	HK HE6
HK 80 B4 B35 2-4 A	0.75	1370	0.76				9.6			
HK 90 S4 B35 2-4 A	1.1	1360	0.79	90			12.5			HK HE41
HK 90 L4 B35 2-4 A	1.5	1365	0.78			24	15.0			
HK 100 LA4 B35 2-4 A	2.2	1405	0.79	100	215	28	19.0		HK HL81L	HK HE16
HK 100 LB4 B35 2-4 A	3	1400	0.84				22.5			
HK 112 M4 B35 4-6 A	4	1435	0.82	112			30.0			
HK 80 A4 B35 2-4 A	0.55	1380	0.74	80	165	19	8.9	European standard size 2 Hole pattern 96.2 x 71.5 Centering diam. 36.5 Conical shaft 1:8	HK HL7SL	HK HE47
HK 80 B4 B35 2-4 A	0.75	1370	0.76				9.6			
HK 90 S4 B35 2-4 A	1.1	1360	0.79	90		24	12.5			HK HE15
HK 90 L4 B35 2-4 A	1.5	1365	0.78				15.0			
HK 100 LA4 B35 2-4 A	2.2	1405	0.79	100	215	28	19.0		HK HL9L	HK HE20
HK 100 LB4 B35 2-4 A	3	1400	0.84				22.5			
HK 112 M4 B35 4-6 A	4	1435	0.82	112			30.0			
HK 132 SB4 B35 4-6 A	5.5	1440	0.84	132	265	38	50.0		HK HL 12	HK HE 29
HK 132 M4 B35 4-6 A	7.5	1445	0.82				53.5			
HK 132 SB4 B35 4-6 A	5.5	1440	0.84				50.0		HK PL3000102	HK R28 38 N2A (made of steel)
HK 132 M4 B35 4-6 A	7.5	1445	0.82				53.5			
HK 160 MA4 B35 4-6	11	1460	0.85	160	300	42	118.0		HK HL 15 (Not suitable for tank fitting)	HK HE 33
HK 160 L4 B35 4-6	15	1470	0.85				132.0			
HK 160 MA4 B35 4-6	11	1460	0.85				118.0		HK PL350 0105	HK R38 42 N2A (made of steel)
HK 160 L4 B35 4-6	15	1470	0.85				132.0			
HK 100 LA4 B35 2-4 A	2.2	1405	0.79	100	215	28	19.0	European standard size 3 Hole pattern 128 x 98 Centering diam. 50.8 Conical shaft 1:8	HK HL11	HK HE48
HK 100 LB4 B35 2-4 A	3	1400	0.84				22.5			
HK 112 M4 B35 4-6 A	4	1435	0.82	112			39.3			
HK 132 SB4 B35 4-6 A	5.5	1440	0.84	132	265	38	50.0		HK HL13	HK HE30
HK 132 M4 B35 4-6 A	7.5	1445	0.82				53.5			
HK 132 SB4 B35 4-6 A	5.5	1440	0.84	132	265	38	50.0		HK PL3000110	HK R28 38 N3 (made of steel)
HK 132 M4 B35 4-6 A	7.5	1445	0.82				53.5			
HK 160 MA4 B35 4-6	11	1460	0.85	160	300	42	118.0		HK HL16 (Not suitable for tank fitting)	HK HE34
HK 160 L4 B35 4-6	15	1470	0.85				132.0			
HK 160 MA4 B35 4-6	11	1460	0.85				118.0		HK PL3500106	HK R 38 42 N3 (made of steel)
HK 160 L4 B35 4-6	15	1470	0.85				132.0			
HK 180 M4 B35 4-6	18.5	1470	0.89	180		48	164.0			HK R 42 48 N3 (made of steel)
HK 180 L4 B35 4-6	22	1480	0.88				182.0			

Use a combination with a steel clutch for especially high torques.



c) Spesifikasi Pompa Hidrolik

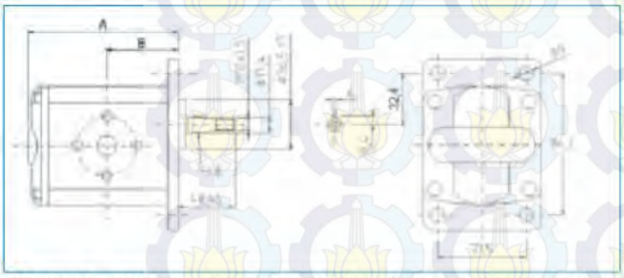
Hydraulic gear pumps size 2

Code anticlockwise	Code clockwise	cm³/rev	Max. pressure bar			Speed max./min.	Dimension A	Dimension B	Hole circle suction port	Hole circle pressure port	Weight kg
			p_1	p_2	p_3						
HK 2P41 01 EOOA	HK 2P41 02 EOOA	4.20	260	280	300	3500 / 700	87.2	41.7	30 / M6	30 / M6	2.20
HK 2P43 01 EOOA	HK 2P43 02 EOOA	6.00	260	280	300	3500 / 700	90.2	43.2	30 / M6	30 / M6	2.30
HK 2P45 01 EOOA	HK 2P45 02 EOOA	8.40	260	280	300	3500 / 700	94.2	45.2	30 / M6	30 / M6	2.40
HK 2P47 01 EOOA	HK 2P47 02 EOOA	10.80	260	280	300	3500 / 700	98.2	47.2	30 / M6	30 / M6	2.50
HK 2P49 01 EPOA	HK 2P49 02 EPOA	14.40	250	270	290	3500 / 700	104.2	50.2	40 / M8	30 / M6	2.70
HK 2P51 01 EPOA	HK 2P51 02 EPOA	16.80	230	250	270	3500 / 700	108.2	52.2	40 / M8	30 / M6	2.80
HK 2P53 01 EPOA	HK 2P53 02 EPOA	19.20	210	230	250	3000 / 700	112.2	54.2	40 / M8	30 / M6	2.90
HK 2P55 01 EPOA	HK 2P55 02 EPOA	22.80	200	220	240	3000 / 700	118.2	57.2	40 / M8	30 / M6	3.05
HK 2P57 01 EQPA	HK 2P57 02 EQPA	26.20	120	140	160	3000 / 700	122.2	59.2	40 / M8	40 / M8	3.15
HK 2P59 01 EQPA	HK 2P59 02 EQPA	30.00	110	130	150	2500 / 700	130.2	63.2	40 / M8	40 / M8	3.40
HK 2P61 01 EQPA	HK 2P61 02 EQPA	34.20	100	120	140	2500 / 700	137.2	66.7	40 / M8	40 / M8	3.60
HK 2P63 01 EQPA	HK 2P63 02 EQPA	39.60	90	110	130	2000 / 700	146.2	71.2	40 / M8	40 / M8	3.80

p1 – max. continuous pressure; p2 – max. operating pressure; p3 – highest max. pressure

Other pump versions available on request.

HK 2P47 01 EOOA

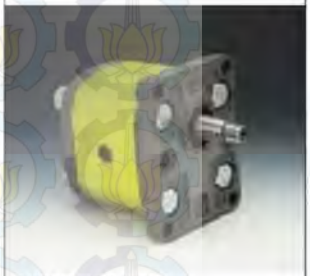


European standard pump – hole pattern 96.2 x 71.5 – Ø 36.5 – cone 1:8 – flange connection

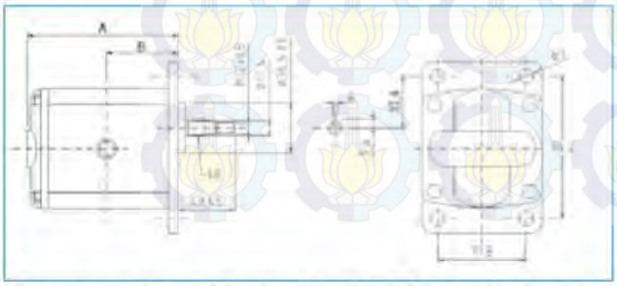
Code anticlockwise	Code clockwise	cm³/rev	Max. pressure bar			Speed max./min.	Dimension A	Dimension B	Thread suction port	Thread pressure port	Weight kg
			p_1	p_2	p_3						
HK 2P41 01 EBBA	HK 2P41 02 EBBA	4.20	260	280	300	3500 / 700	87.2	41.7	1/2"	1/2"	2.20
HK 2P43 01 EBBA	HK 2P43 02 EBBA	6.00	260	280	300	3500 / 700	90.2	43.2	1/2"	1/2"	2.30
HK 2P45 01 EBBA	HK 2P45 02 EBBA	8.40	260	280	300	3500 / 700	94.2	45.2	1/2"	1/2"	2.40
HK 2P47 01 EBBA	HK 2P47 02 EBBA	10.80	260	280	300	3500 / 700	98.2	47.2	1/2"	1/2"	2.50
HK 2P49 01 ECBA	HK 2P49 02 ECBA	14.40	250	270	290	3500 / 700	104.2	50.2	3/4"	1/2"	2.70
HK 2P51 01 ECBA	HK 2P51 02 ECBA	16.80	230	250	270	3500 / 700	108.2	52.2	3/4"	1/2"	2.80
HK 2P53 01 ECBA	HK 2P53 02 ECBA	19.20	210	230	250	3000 / 700	112.2	54.2	3/4"	1/2"	2.90
HK 2P55 01 ECBA	HK 2P55 02 ECBA	22.80	200	220	240	3000 / 700	118.2	57.2	3/4"	1/2"	3.05

p1 – max. continuous pressure; p2 – max. operating pressure; p3 – highest max. pressure

Other pump versions available on request.



HK 2P43 01 EBBA



European standard pump – hole pattern 96.2 x 71.5 – Ø 36.5 – cone 1:8 – threaded end fitting

d) Spesifikasi *Flexible Hoses*

Dimensions

1 Type A

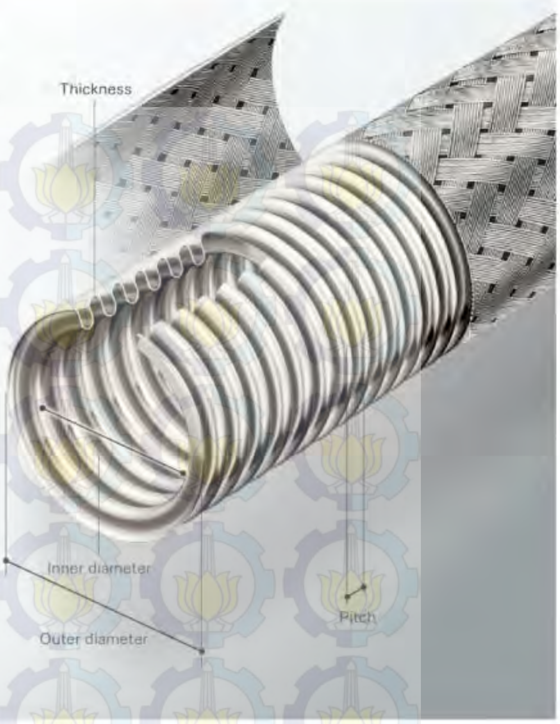
■Type A (annular) flexible hoses are made by corrugating thin-walled stainless steel pipes. They are high-quality flexible hoses exposed to complete solution heat treatment. The corrugations are formed like individual rings which are not twisted under high pressure.

■The hoses are highly flexible and have excellent strength, corrosion resistance and pressure resistance.

■Standard specifications

Flexible hose materials SUS304, SUS316L
Braid material SUS304
Wire braid: 250 A (10^{B}) or less
Tape braid: 50 A (2^{B}) or more

※For other materials, please consult us.



■Standard dimensions

Nominal diameter		Inner diameter (mm)	Thickness (mm)	Pitch (mm)	Outer diameter (mm)		Min. bending radius (mm)		Max. working pressure (MPa)※1		Weight(kg/m)	
A	B				No braid	Single braid	Constant bending	Repeated bending	Single braid	Double braid	No braid	Single braid
8	1/4	7.2	0.26	2.5	12.2	13.5	45	165	9.4	14.9	0.15	0.27
10	3/8	10.0	0.26	3.0	16.0	17.5	50	180	7.4	13.0	0.21	0.36
15	1/2	12.0	0.26	3.3	17.5	19.0	65	245	6.6	13.0	0.21	0.38
20	3/4	19.0	0.30	4.2	26.0	27.5	95	335	3.7	7.4	0.36	0.61
25	1	25.5	0.30	4.5	34.0	35.5	100	340	2.6	5.2	0.53	0.84
32	1·1/4	32.0	0.35	5.0	42.0	44.0	130	405	3.1	6.0	0.80	1.33
40	1·1/2	39.0	0.35	5.5	49.0	51.0	200	505	2.8	4.5	0.88	1.48
50	2	50.0	0.40	6.0	62.0	64.0	240	580	2.0	3.6	1.38	2.18
65	2·1/2	65.0	0.60	10.0	86.0	88.0	320	665	2.0	3.5	2.93	3.95
80	3	77.0	1.00	10.5	104.0	107.0	400	920	1.8	2.6	6.79	8.12
100	4	100.0	1.00	15.0	135.0	137.5	450	980	1.4	1.5	8.25	10.3
125	5	126.0	1.20	15.0	162.0	164.5	520	1400	1.2	2.0	13.0	14.6
150	6	150.0	1.20	18.0	190.0	192.5	540	1550	1.0	1.6	13.8	16.7
200	8	197.0	1.50	18.0	247.0	250.0	720	1800	0.9	1.6	26.9	31.0
250	10	245.0	2.00	22.5	305.0	308.0	960	2500	0.6	1.2	42.6	48.6
300	12	294.0	2.00	30.0	364.0	368.0	1000	2750	0.6	1.3	46.1	54.0
350	14	340.0	1.50	30.0	410.0	414.0	1150	2400	0.6	–	39.8	49.1
400	16	385.0	1.50	35.0	465.0	469.0	1150	2400	0.5	–	44.6	54.9
450	18	435.0	1.50	35.0	515.0	519.0	1250	2650	0.4	–	49.8	60.6
500	20	485.0	1.50	40.0	575.0	579.0	1250	2650	0.4	–	55.1	67.0

※Flexible hoses for high pressure and ultrahigh pressure can be specially designed. ※The specifications are subject to change for product improvement without prior notice. ※The maximum working pressure may vary depending on the design conditions.
※1: Pressure at working temperature of 40℃, safety factor of 3 and weld efficiency of 0.7

e) Spesifikasi *Directional Control Valve*

Cylinders
Pumps
Motors
Valves
Accumulators
Tanks
Filters
Accessories
Measure
700 bar
Units

HK DHI0 71

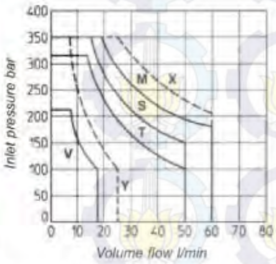


Diagramm C

Table 12 Solenoid valves size 6 type HK DH; (without coils and plugs)

Code	Circuit diagram	Type	Design	Overlapping positive/ negative	Spool type	Diagr. C	Weight kg
HK DHI 0631 2 ***		4/2	Spring return	P	1	M	1.10
HK DHI 0630 2 ***		4/2	Spring return	N	0	S	1.10
HK DHI 0631 2 A ***		4/2	Spring return	P	1	M	1.10
HK DHI 0610 ***		4/2	Spring return	N	0	M	1.10
HK DHI 0611 ***		4/2	Spring return	P	1	M	1.10
HK DHI 0613 ***		4/2	Spring return	P	3	S	1.10
HK DHI 0614 ***		4/2	Spring return	N	4	T	1.10
HK DHI 0632 2 ***		4/2	Spring return	P	2	Y	1.10
HK DHI 0710 ***		4/3	Spring return to 0	N	0	M	1.20
HK DHI 0711 ***		4/3	Spring return to 0	P	1	M	1.20
HK DHI 0713 ***		4/3	Spring return to 0	P	3	S	1.20
HK DHI 0714 ***		4/3	Spring return to 0	N	4	T	1.20
HK DHI 0716 ***		4/3	Spring return to 0	P	6	S	1.20
HK DHI 07190 ***		4/3	Spring return to 0	N	90	V	1.20
HK DHI 07119 ***		4/3	Spring return to 0	P	19	V	1.20
HK DHI 07512 ***		4/2	2 catches	P	1	T	1.20

*** 12 DC	12 V DC
*** 24 DC	24 V DC
*** 28 DC	28 V DC
*** 110 AC	110 V AC
*** 230 AC	230 V AC
*** 230 RC	230 V RC

See table A and diagram B on page 42 for maximum volume flow, see diagram C for switching capacity limits.
Further circuits and versions, and volume flows and switching capacity limits on request.
Accessories tables 14 - 17, pages 43 - 45

Accessories for valves size 6 type HK DH

HK SP COU 24DC

Table 13 Coils for solenoid valves size 6 type HK DH

Code	Rated voltage/ current type	Corresponding plugs	Average power consumption	Average current consumption	Weight kg
HK SP COU 12 DC	12 V / DC	Type 664, 666, 667, 668	33 W	2.8 A	0.25
HK SP COU 24 DC	24 V / DC	Type 664, 666, 667, 668	33 W	1.4 A	0.25
HK SP COU 28 DC	28 V / DC for mobile applications	Type 664, 666, 667, 668	35 W	1.24 A	0.25
HK SP COI 110 AC	110/50/60 V AC	Type 664, 666, 667, 668	60 W	0.5 A	0.25
HK SP COI 230 AC	230/50/60 V AC	Type 664, 666, 667, 668	60 W	0.25 A	0.25
HK SP COU 230 RC	230/50/60 V RC	Type 669 (rectifier)	40 W	0.25 A	0.25

Other types of coil on request.

HK SP 666

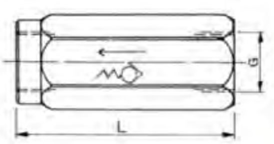
Table 14 Plugs for coils

Code	Color	Design	Weight kg
HK SP 664	black	Standard 4-pole	0.07
HK SP 664 A	grey	Standard 4-pole	0.07
HK SP 666	black	Standard 3-pole	0.07
HK SP 666 A	grey	Standard 3-pole	0.07
HK SP 667 24	transparent	With LED for 12/24 V DC	0.07
HK SP 667 110	transparent	With LED for 110 V AC	0.07
HK SP 667 220	transparent	With LED for 230 V AC	0.07
HK SP 668 24	black	With LED 12/24 V and protection circuit	0.07
HK SP 668 24 A	grey	With LED 12/24 V and protection circuit	0.07
HK SP 669	black	With rectifier	0.07
HK SP 669 A	grey	With rectifier	0.07

DIN 43650; *other plugs on request*

HANSA FLEX
Version: 10/2006

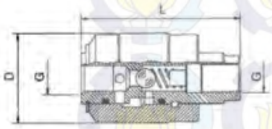
f) Spesifikasi *Check Valve* dan *Flow Control Valve*



Check valves

Code	Q_{max} l/min	p_{max} bar	Opening pressure bar	Internal thread G	Dimension L mm	Jaw width mm	Weight kg
HK V 1501 0004	20	400	0.5	1/4"	62	19	0.12
HK V 1501 0006	40	400	0.5	3/8"	68	24	0.15
HK V 1501 0008	60	350	0.5	1/2"	77	30	0.20
HK V 1501 0012	100	300	0.5	3/4"	88	36	0.28
HK V 1501 0016	150	300	0.5	1"	105	41	0.35
HK V 1501 0020	200	250	0.5	1 1/4"	123	55	0.40

Casing: steel, galvanized, steel internal parts, cone closing



One-way restrictors

Code	Q_{max} l/min	p_{max} bar	L	D	G	Weight kg
HK V2 765 Z400	12	320	62	36	1/4" BSPP	0.33
HK V2 765 Z600	30	320	72	42	3/8" BSPP	0.45
HK V2 765 Z800	45	320	86	48	1/2" BSPP	0.76

Casing: galvanized steel, steel internal parts, ball closing

These valves must be set for the application case.

Filters | Accessories | Measure | 700 bar | Units

33

HANSA FLEX
Version: 10/2005

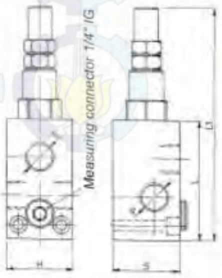
g) Spesifikasi *Pressure Relief Valve*

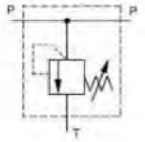
Pressure relief valves – type HK V0

Code	Q_{max} l/min	Setting range bar	Connection T/P	Dimension L mm	Dimension L1 mm	Dimension S/H mm	Weight kg
HK V0 12 050 03	25	15-50	1/4"	52	97	40/30	0.53
HK V0 12 100 03	25	20-100	1/4"	52	97	40/30	0.53
HK V0 12 180 03	25	40-180	1/4"	52	97	40/30	0.53
HK V0 12 250 03	25	50-250	1/4"	52	97	40/30	0.53
HK V0 12 300 03	25	80-300	1/4"	52	97	40/30	0.53
HK V0 12 050 06	40	15-50	3/8"	72	141	40	0.86
HK V0 12 100 06	40	20-100	3/8"	72	141	40	0.86
HK V0 12 180 06	40	40-180	3/8"	72	141	40	0.86
HK V0 12 250 06	40	50-250	3/8"	72	141	40	0.86
HK V0 12 300 06	40	80-300	3/8"	72	141	40	0.86
HK V0 12 050 08	55	15-50	1/2"	77	146	45	1.10
HK V0 12 100 08	55	20-100	1/2"	77	146	45	1.10
HK V0 12 180 08	55	40-180	1/2"	77	146	45	1.10
HK V0 12 250 08	55	50-250	1/2"	77	146	45	1.10
HK V0 12 300 08	55	80-300	1/2"	77	146	45	1.10
HK V0 12 050 12	90	15-50	3/4"	92	161	50	1.30
HK V0 12 100 12	90	20-100	3/4"	92	161	50	1.30
HK V0 12 180 12	90	40-180	3/4"	92	161	50	1.30
HK V0 12 250 12	90	50-250	3/4"	92	161	50	1.30
HK V0 12 300 12	90	80-300	3/4"	92	161	50	1.30

A measuring connector is not provided for 1/4" valves.
Casing: galvanized steel, steel internal parts.
These valves must be set for the application case.

HK V0 12 050 06





Cylinders | Pumps | Motors | Valves | ccumulators

Pressure relief valves – type HK VMP BL / HK VMPP BL

h) Spesifikasi *Filter/Strainer*

Low Pressure Filters

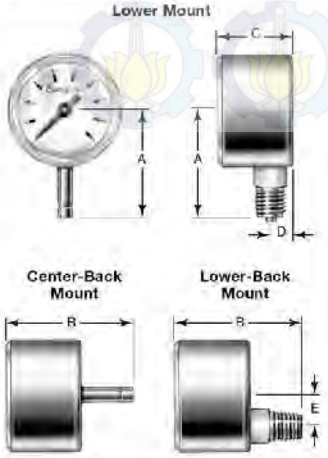
Filter Type	Maximum Pressure psi (bar)	Maximum Flow gpm (l/min)	Port Size Range (in)	Flow Path	Indicator D = Diff. S = Static	Filter Model Page	Features
Inside Tank	145 (10)	132 (500)	2		S	RFM...Set page 83	Revolutionary design places entire filter inside of the reservoir tank. Consult Factory.
	145 (10)	132 (500)	4		S	RFM...S page 83	Revolutionary design places entire filter inside of the reservoir tank. Consult Factory.
In-Tank	100 (7)	120 (454)	1 1/4 - 1 1/2		S	HF4R page 71	Meets automotive specs and uses industry standard-size elements. Threaded outlet permits in-line use on 18" & 27" only.
	145 (10)	211 (800)	3/4 - 2 1/2		S & Vac.	RKM page 75	Single filter functions as return line and charge pump filter in single housing. *(up to two change pumps)*
	145 (10)	225 (850)	3/4 - 2 1/2		S	RFM page 61	Sizes 75, 90, 150, 165, & 185 have a built-in breather. All sizes allow oil filling through element.
	100 (7)	26 (100)	hose barb			RFMP page 67	All polyamide.
	360 (25)	343 (1300)	1/2 - 4			RF page 41	HYDAC standard in-tank filters. Threaded or flanged outlets enable in-line use.
	360 (25)	450 (1700)	4		S (in-tank) D (in-line)	NF page 45	Configurable for in-tank or in-line applications. Low weight, water tolerant aluminum alloy.
In-Tank Duplex	360 (25)	343 (1300)	3/4 - 4		S	RFD page 51	For return lines in continuously operating systems; tank mounting and in-line.
	360 (25)	450 (1700)	4			NFD page 55	For return lines in continuously operating systems; tank mounting and in-line.
In-Line	725 (50)	35 (130)	3/4 - 1		D	MFX page 127	ECO-firendly, cost effective alternative to spin-on filters.
	360 (25)	150 (400)	1 1/4		D	FLN (DIN) page 95	HYDAC standard DIN low pressure filter. Low weight, water-tolerant aluminum alloy.
	500 (34.5)	450 (1700)	4		D	NFH page 99	Filters can be manifolded. Housings for high flow and/or high viscosity fluid *(e.g. in lube systems)*.
	360 (25)	350 (1300)	3,4		D	RFL Cast page 87	Back Mount single filter with with metric threads. API versions available.
	150 / 230 (10 / 16)	4000 (15000)	2-12		D	RFL Welded page 91	Floor mounted. Holds up to ten 2600 high capacity elements. ASME, CRN and API versions available. For High flow applications.

i) Spesifikasi *Pressure Gauge*

Industrial and Process Pressure Gauges 5

Dimensions

Dimensions are for reference only and are subject to change.



Dial Size mm (in.)	End Connection Size	End Connection Type	Dimensions, in. (mm) A	B	C	D	E
63 (2 1/2)		Swagelok tube adapter	2.26 (57.3)	2.39 (60.8)	1.30 (33.0)	0.39 (10.0)	–
	1/4 in.	Male NPT G1/4B (EN) G1/4B (PF) R1/4 (PT)	2.09 (53.0)	2.24 (57.0)			
	3/8 in.	Swagelok tube adapter	2.31 (58.8)	2.45 (62.3)			
	6 mm		2.26 (57.3)	2.39 (60.8)			
	10 mm		2.31 (58.8)	2.45 (62.3)			
100 (4)	1/4 in.	Male NPT	3.15 (80.0)	3.27 (83.0)	1.97 (50.0)	0.63 (16.0)	1.18 (30.0)
	1/2 in.	Swagelok tube adapter	3.60 (91.4)	3.44 (87.4)			
		Male NPT G1/2B (EN) G1/2B (PF) R1/2 (PT)	3.43 (87.0)	3.27 (83.0)			
	12 mm	Swagelok tube adapter	3.60 (91.4)	3.44 (87.4)			
160 (6)	1/2 in.	Male NPT G1/2B (EN) G1/2B (PF) R1/2 (PT)	4.65 (118)	3.27 (83.0)[1]	1.97 (50.0)[1]		1.97 (50.0)

[1] B is 3.90 in. (99.0 mm) and C is 2.60 in. (66.0 mm) for gauges with lower-back mount and pressure ratings of 1500 psi, 10 MPa, 100 bar or higher.

j) Spesifikasi Sensor *Accelerometer*

ANALOG DEVICES

Configurable, High *g*, *i*MEMS Accelerometer

ADXL180

FEATURES

Wide sensor range: 50 *g* to 500 *g*
Adjustable filter bandwidth: 100 Hz to 800 Hz
Configurable communication protocol
  2-wire, current mode bus interface
Selectable sensor data resolution: 8 bit or 10 bit
Continuous auto-zero
Fully differential sensor and interface circuitry
  High resistance to EMI/RFI
Sensor self-test
5.0 V to 14.5 V operation
8 bits of user-defined OTP memory
32-bit electronic serial number
Dual device per bus option

APPLICATIONS

Crash sensing

GENERAL DESCRIPTION

The ADXL180 *i*MEMS® accelerometer is a configurable, single axis, integrated satellite sensor that enables low cost solutions for front and side impact airbag applications. Acceleration data is sent to the control module via a digital 2-wire current loop interface bus. The communication protocol is programmable for compatibility with various automotive interface bus standards.

The sensor *g* range is configurable to provide full-scale ranges from ±50 *g* to ±500 *g*. The sensor signal third-order, low-pass Bessel filter bandwidth is configurable at 100 Hz, 200 Hz, 400 Hz, and 800 Hz.

The 10-bit analog-to-digital converter (ADC) allows either 8-bit or 10-bit acceleration data to be transmitted to the control module. Each part has a unique electronic serial number. The device is rated for operation from −40°C to +125°C and is available in a 5 mm × 5 mm LFCSP package.

FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM

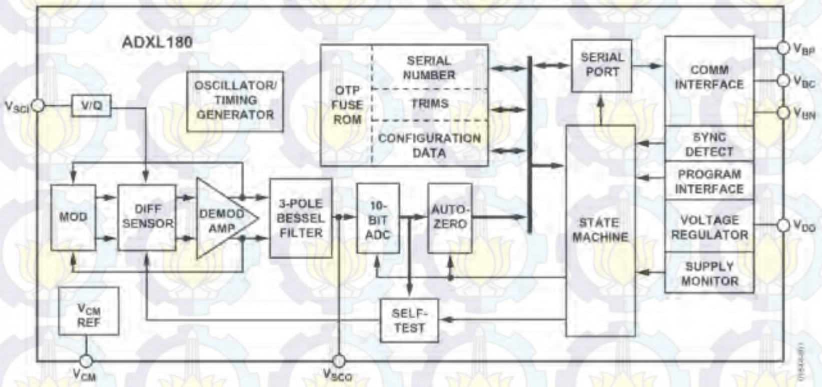


Figure 1.

ADXL180

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Table 2.

Parameter	Rating
Supply Voltage ($V_{BP} - V_{BN}$)	−0.3 V to +21 V
Voltage at Any Pin with Respect to V_{BN} Except V_{BP}	−0.3 V to V_{DD} + 0.3 V
Storage Temperature Range	−55°C to +150°C
Soldering Temperature	255°C
Operating Temperature Range	−40°C to +125°C
ESD All Pins	1.5 kV HBM
Latch-Up Current	100 mA
Mechanical Shock	
Unpowered	±4000 *g* (0.5 ms, half sine)
Powered	±2000 *g* (0.5 ms, half sine); −0.3 V to +7.0 V
Drop Test (onto Concrete)[1]	1.2 m
Thermal Gradient	±20°C/minute

[1] Soldered to FR4 coupon printed circuit board (PCB) at the dimensions of 25.4 mm × 25 mm. During test, the PCB is fastened to a support with 46 *g* mass, equivalent to a typical satellite module PCB.

Stresses above those listed under Absolute Maximum Ratings may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only; functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational section of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ESD CAUTION

ESD (electrostatic discharge) sensitive device. Charged devices and circuit boards can discharge without detection. Although this product features patented or proprietary protection circuitry, damage may occur on devices subjected to high energy ESD. Therefore, proper ESD precautions should be taken to avoid performance degradation or loss of functionality.

BIODATA PENULIS

Assalaamu'alaaikum, Wr, Wb. Penulis bernama lengkap Ferly Isnomo Abdi yang dilahirkan pada tanggal 4 Desember 1992 di Jalan Manyar Sabrangan, Kelurahan Manyar Sabrangan, Kecamatan Mulyorejo, Kota Surabaya, Provinsi Jawa Timur. Penulis merupakan anak kedua dari 2 bersaudara. Pendidikan formal yang pernah ditempuh yaitu SD Islam MARYAM Surabaya, SMP Negeri 39 Surabaya, SMA Negeri 20 Surabaya dengan bidang studi IPA. Setelah itu penulis meneruskan pendidikan tingkat perguruan tinggi di Program Studi D3 Teknik Mesin bidang Konversi Energi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya pada tahun 2011. Pendidkan non-formal penulis menempuh di Madrasatul Qur'an Al-Anwar Surabaya. Penulis juga sering mengikuti pelatihan-pelatihan selama masa pendidikan. Dan juga mengikuti kepanitiaan-kepanitiaan suatu acara baik tingkat jurusan, fakultas maupun institut. Pengalaman kerja Penulis yaitu kerja praktek di PT. SEMEN INDONESIA (Persero) Tbk. di Dsn. Sumberarum, Kerek, Kab. Tuban. Penulis sering terinspirasi dengan kata mutiara berikut, "*Teruslah berfikir kedepan, jangan terlarut dengan masa lampau dan lakukanlah semua hal dengan sebaik-baiknya dengan penuh keikhlasan yang tulus*", "*orang yang tekun, giat, rajin, tidak mudah menyerah, dan bersungguh-sungguh akan menemukan jalan yang diinginkannya dan sukses*", dan "*Jujurlah dalam semua hal, walaupun itu dalam tekanan kehidupan yang tinggi dan sulit sehingga bersabarlah pasti semuanya akan ada hikmah dibalik itu semua*".