



**RANCANG BANGUN ALAT PRAKTIKUM FENOMENA DASAR MESIN
ALIRAN FLUIDA DENGAN PERBANDINGAN TEKANAN PADA PIPA
PVC DAN PIPA BESI MENGGUNAKAN SENSOR *PRESSURE*
*TRANSMITTER***

SKRIPSI

**ABDU HIRZADIN
NPM 16650066**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS PGRI SEMARANG
2022**



**RANCANG BANGUN ALAT PRAKTIKUM FENOMENA DASAR MESIN
ALIRAN FLUIDA DENGAN PERBANDINGAN TEKANAN PADA PIPA
PVC DAN PIPA BESI MENGGUNAKAN SENSOR *PRESSURE*
*TRANSMITTER***

SKRIPSI

**Diajukan kepada Fakultas Teknik dan Informatika
Universitas PGRI Semarang untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

ABDU HIRZADIN

NPM 16650066

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS PGRI SEMARANG**

2022

SKRIPSI
RANCANG BANGUN ALAT PRAKTIKUM FENOMENA DASAR MESIN
ALIRAN FLUIDA DENGAN PERBANDINGAN TEKANAN PADA PIPA
PVC DAN PIPA BESI MENGGUNAKAN SENSOR *PRESSURE*
TRANSMITTER

Disusun dan diajukan oleh

ABDU HIRZADIN
NPM 16650066

telah disetujui oleh pembimbing untuk dilanjutkan untuk dilanjutkan di
hadapan Dewan Penguji

Semarang.....

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,

Dr. Slamet Supriyadi, M.Env.St.
NIP/NPP. 195912281986031003

Aan Burhanudin, S.T., M.T
NIP/NPP. 0624068302

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI
RANCANG BANGUN ALAT PRAKTIKUM FENOMENA DASAR MESIN
ALIRAN FLUIDA DENGAN PERBANDINGAN TEKANAN PADA PIPA
PVC DAN PIPA BESI MENGGUNAKAN SENSOR *PRESSURE*
TRANSMITTER

Disusun dan diajukan oleh :

ABDU HIRZADIN
NPM 16650066

Telah dipertahankan di depan Dewan penguji

Pada tanggal 3 Agustus 2022

Dan dinyatakan memenuhi syarat

Dewan Penguji

Ketua

Sekretaris

Dr. Slamet Supriyadi, M.Env.St.
NIP/NPP. 195912281986031003

Aan Burhanudin, S.T., M.T
NIP/NPP. 0624068302

Penguji I

Penguji II

Ir. Suheli, M.T.
NIP/NPP. 155010507

Drs. Carsoni, S.T., M.T.
NIP/NPP.195712061983031002

Penguji III

Dr. Slamet Supriyadi, M.Env.St.
NIP/NPP. 195912281986031003

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Moto:

Musuh yang Paling Berbahaya di atas Dunia Ini Adalah Penakut dan Bimbang.
Teman yang Paling Setia, Hanyalah Keberanian dan Keyakinan yang Teguh.

Persembahan:

Sujud Syukur kepada Allah SWT Kupersembahkan hasil usahaku dan terima kasihku kepada :

1. Yang teristimewa Kedua orang tuaku tercinta Yang selalu bersedia memberiku cinta dan kasih sayang tiada henti, mendidik & membimbingku hingga dewasa, mengajarkanku untuk pantang menyerah, selalu bersabar & ikhlas, bersikap bijak & tidak emosional menghadapi masalah dalam hidup. Ridho Allah adalah Ridho Orang tua. Terimakasih atas doa yang kalian panjatkan untuk kebaikan dan kebahagiaanku.
2. Almamaterku tercinta Universitas PGRI Semarang

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Abdu Hirzadin
NPM : 16650066
Progdi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik dan Informatika

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa proposal skripsi yang saya buat ini benarbenar merupakan hasil karya sendiri, bukan plagiarisme. Apabila pada kemudian hari skripsi ini terbukti hasil plagiarisme, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Semarang, 3 Agustus 2022
Yang Membuat Pernyataan

Abdu Hirzadin
NPM. 16650066

ABSTRAK

Dalam perkembangannya, ilmu pengetahuan sangat cepat berkembang yang mengakibatkan suatu dampak positif serta memberikan banyak sekali manfaat bagi manusia dalam berbagai aspek kehidupan. Fenomena Dasar Mesin (FDM) merupakan fenomena-fenomena dalam ilmu dasar teknik mesin, seperti pada teori Bernoulli, defleksi logam akibat pembebanan dan perpindahan energy kalor. Adapun teori yang dipakai pada penelitian ini adalah teori Bernoulli dimana dalam tujuannya digunakan untuk mengukur fluida dalam hal tekanan statis, tekanan dinamis, perubahan tekanan dan kecepatan fluida. Sensor tekanan adalah sensor untuk mengukur tekanan suatu zat. Tekanan (p) adalah satuan fisika untuk menyatakan gaya (F) per satuan luas (A). Satuan tekanan sering digunakan untuk mengukur kekuatan dari suatu cairan atau gas. Kerugian tekanan aliran udara dalam saluran $17,8 \times 10^3$ PSI dengan persentase 79%. pembacaan oleh sensor bisa dikatakan konstan sedangkan kerugian antra hasil yang diperoleh antara pipa PVC dan besi berbeda dikarenakan permukaan dan tingkat kekasaran berbeda pada pipa PVC memiliki tingkat kekasaran 130μ dan besi 100μ , sehingga pipa penggunaan pipa PVC lebih valid berdasarkan kalibrasi tekanan 0 (PSI).

Kata Kunci : Fenomena Dasar Mesin, Sensor presure transmitter, Metode Eksperimen

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT, peneliti dapat menyusun dan menyelesaikan proporsal skripsi ini dengan lancar. Proporsal yang berjudul “Rancang Bangun Alat Praktikum Fenomena Dasar Mesin Aliran Fluida Dengan Perbandingan Tekanan Pada Pipa PVC Dan Pipa Besi Menggunakan Sensor Pressure Transmitter” ini disusun untuk memenuhi syarat memperoleh gelar sarjana teknik.

Penyusunan proporsal skripsi ini tidak lepas dari hambatan dan rintangan serta kesulitan-kesulitan. Namun berkat bimbingan, bantuan, dan dorongan serta saran-saran dari berbagai pihak, khususnya pembimbing segala hambatan dan rintangan serta kesulitan tersebut dapat teratasi dengan baik. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini dengan tulus hati penulis sampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Sri Suciati, M.Hum., Rektor Universitas PGRI Semarang yang telah memberi kesempatan pada penulis untuk menimba ilmu di Universitas PGRI Semarang
2. Dr. Slamet Supriyadi, M.Env. St. Dekan Fakultas Teknik dan Informatika yang telah memberi izin penulis untuk melakukan penelitian, selaku pembimbing I yang telah mengarahkan penulis dengan penuh ketekunan dan kecermatan
3. Aan Burhanudin, S.T, M.T. Ketua Program Studi Teknik Mesin dan pembimbing II yang telah membimbing penulis dengan penuh dedikasi yang tinggi
4. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Mesin yang telah memberi bekal ilmu kepada penulis selama belajar di Universitas PGRI Semarang. Akhirnya penulis berharap semoga proporsal skripsi ini bermanfaat bagi pendidik, khususnya pendidik di dunia pendidikan menengah

Semarang, 5 Februari 2022

DAFTAR ISI

SAMPUL LUAR.....	i
SAMPUL DALAM	ii
LEMBAR PERSETUJUAN.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN.....	vi
ABSTRAK	vii
PRAKATA	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah	2
C. Batasan Masalah	2
D. Rumusan Masalah	3
E. Tujuan Penelitian.....	3
F. Manfaat Penelitian.....	3
BAB II KAJIAN PUSTAKA	6
A. Tinjauan Pustaka	6
B. Landasan Teori	10
C. Kerangka Berpikir	25
BAB III METODE PENELITIAN.....	27
A. Pendekatan Penelitian.....	27
B. Lokasi dan Fokus Penelitian.....	27

C. Variabel Penelitian	28
D. Desain Penelitian	29
E. Proses Eksperimen.....	34
F. Teknik Pengumpulan Data	46
G. Teknik Analisa Data	47
H. Jadwal	47
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	49
A. Perancangan alat	49
B. Pengambilan data.....	56
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	62
A. Kesimpulan.....	62
B. Saran	62
DAFTAR PUSTAKA	64
LAMPIRAN	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pressure transmitter ensor.....	10
Gambar 2.2 MCS51 (www.tmnstudio.com)	16
Gambar 2.3 Mikrokontroler AVR (www.robotics-university.com).....	17
Gambar 2.4 Mikrokontroler PIC (www.nextsys.web.id)	18
Gambar 2.5 Mikrokontroler Arduino (Saghoa. 2018).....	19
Gambar 2.6 Mikrokontroler ARM Cortex-M0 (www.agfi.staff.ugm.ac.id) 19	
Gambar 2.7 Arduino Uno (Andi. 2003)	21
Gambar 2.8 Tampilan Software Arduino IDE (Pradifta. 2020).....	23
Gambar 2.9 Kerangka Berpikir	26
Gambar 3.1. Detail Rancangan Desain Alat Praktikum.....	30
Gambar 3.2. Diagram Block System.....	34
Gambar 3.3. Diagram Alir Tahap Pelaksanaan Eksperimen.....	37
Gambar 3.4. Detail Komponen Alat Praktikum	38
Gambar 3.5. Besi Siku (www.oliswel.com).....	38
Gambar 3.6. Pipa (www.dekoruma.com).....	39
Gambar 3.7. Pompa Air (www.rumah.com)	40
Gambar 3.8. Selenoid Valve (www.kitomaindonesia.com).....	40
Gambar 3.9 Box Penampung Air	41
Gambar 3.10. pressure transmitter	42
Gambar 3.11 Liquid Crystal Display (LCD). (www.skemaku.com)	43
Gambar 3.12 Flowchart Rancang Bangun Alat Praktikum Penghitung Aliran Air	44
Gambar 4.1 Tampilan depan solidwork premium 2017.....	49
Gambar 4.2 Desain	50
Gambar 4.3 Pressure Sensor.....	50
Gambar 4.4 <i>Water Pump</i>	51
Gambar 4.5 <i>Solenoid Valve</i>	52

Gambar 4.6 Penampung Air.....	53
Gambar 4.7 Hasil akhir perancangan	54
Gambar 4.8 Pemrograman pada Arduino.....	55
Gambar 4.9 Trial and eror sensor.....	56
Gambar 4.10 Pengecekan kabel	56
Gambar 4.11 Pengecekan pipa	57
Gambar 4.12 Bak Air	57
Gambar 4.13 Panel Box	58
Gambar 4.14 Pengaplikasian sofwere	58
Gambar 4.16 Diagram garis tekanan pada pipa PVC dan Besi.....	60

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Tabel Pengambilan Data	33
Tabel 3.2. Jadwal Kegiatan Penelitian	48
Tabel 4.1 Spesifikasi Pressure Sensor	51
Tabel 4.2 Spesifikasi Water Pump	52
Tabel 4.3 Spesifikasi Selenoid Valve.....	53
Tabel 4.4 Spesifikasi Penampung Air	54
Tabel 4.5 Hasil Pengukuran Sensor	59

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Usulan Judul	67
Lampiran 2 Lembar Bimbingan	68
Lampiran 3 revisian.....	70
Lampiran 4 GAMBAR KERJA	73

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Dalam perkembangannya, ilmu pengetahuan sangat cepat berkembang yang mengakibatkan suatu dampak positif serta memberikan banyak sekali manfaat bagi manusia dalam berbagai aspek kehidupan. Hal ini dapat kita lihat dengan banyaknya teknologi baru yang diciptakan manusia dengan berbagai jenis dan modelnya. Semua keunggulan teknologi yang dihasilkan tidak lepas dari hasil penelitian para ahli peneliti yang tak hentinya terus melakukan penelitian dan pengembangan guna memberikan terobosan baru untuk menciptakan sesuatu yang bermanfaat bagi manusia. Salah satu bidang yang terpengaruh dalam penggunaan perkembangan teknologi ini berkonsentrasi pada bidang pendidikan, salah satunya pada tingkat universitas masih ditemukan kurangnya alat praktikum. Hal itu menunjukkan bahwa ditemukannya kekurangan kelengkapan berupa alat bantu belajar dalam kegiatan di laboratorium.

Pada saat ini semua industri pasti membutuhkan air. Salah satu kebutuhan penting dalam proses produksi di industri adalah air. Air memerlukan pompa sebagai sarana distribusinya. Dalam proses kerjanya, pompa air memerlukan energi yang cukup besar. Tetapi sering kali pemakaian pompa air tidak sebanding dengan kapasitas kebutuhan air yang dikeluarkan. Apabila kerja pompa air tersebut dapat diatur menggunakan kontroler yang sesuai dan dapat bekerja sesuai karakteristik kebutuhan beban, yaitu pengendali yang dapat menyesuaikan antara tekanan pada keluaran pompa air dengan putaran motor penggeraknya dengan cara menjaga tekanan air agar tetap konstan. Pengendalian yang menggunakan pola berfikir manusia.

Terkait masalah keterbatasan alat yang salah satunya digunakan dalam kegiatan praktikum untuk mengetahui derasnya laju air yang

dihasilkan perlu adanya alat praktikum cukup efektif untuk memenuhi kebutuhan tersebut berupa perancangan dan pembuatan alat praktikum fenomena dasar mesin tekanan fluida menggunakan sensor pressure transmitter. Sensor merupakan salah satu dari banyak komponen atau fungsi yang digunakan untuk mencapai suatu kepresisian dimana dapat memberikan informasi yang dibutuhkan terkait laju air. Penggunaan sensor yang tepat dapat dicapai tingkat kepresisian yang tinggi. Menurut (Putra, D.F.A dan Stefanus, 2019) Sensor pressure transmitter merupakan sensor yang tepat digunakan dalam berbagai macam sistem karena sensor ini sangat fleksibel. Fleksibel dalam artian bahwa sensor ini tepat dipakai di banyak kondisi walaupun tetap memiliki batasan- batasan. Dalam penelitian ini penulis menggunakan metode perbandingan tekanan yang terjadi pada pipa *PVC* dan besi, dimana pembacaan tekanan air yang berada pada pipa *PVC* dan besi akan terbaca. Dari hal diatas, maka perlu dilakukan pengembangan model alat praktikum fenomena dasar mesin menggunakan sensor pressure transmitter guna memudahkan mahasiswa teknik mesin dalam melakukan praktikum untuk hasil yang lebih praktis dan presisi dalam mengamati laju air.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka permasalahan dapat diidentifikasi sebagai berikut:

1. Belum adanya praktikum fenomena dasar mesin untuk menghitung tekanan air pada suatu alat yang dialiri air.
2. Belum adanya alat penunjang praktikum fenomena dasar mesin penghitung tekanan pada tingkat universitas..

C. Batasan Masalah

Dalam penyusunan tugas akhir ini perlu adanya pengertian pembahasan yang terfokus sehingga permasalahan tidak menjadi rumit dan menyebar. Adapun yang batasan pada penelitian ini adalah:

1. Hanya membahas tentang bagaimana membuat rancang bangun alat praktikum fenomena dasar mesin tekanan fluida menggunakan sensor pressure transmitter
2. Metode yang digunakan yaitu perhitungan perbandingan tekanan dari pipa *PVC* dan besi dengan menggunakan sensor pressure transmitter.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang masalah, maka permasalahan yang diteliti dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana membuat rancang bangun alat praktikum fenomena dasar mesin tekanan fluida menggunakan sensor pressure transmitter?
2. Bagaimana membuat rancang bangun alat praktikum fenomena dasar mesin tekanan fluida dengan menggunakan perbandingan pipa *PVC* dan besi?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini yaitu:

1. Membuat rancang bangun alat praktikum fenomena dasar mesin tekanan fluida dengan perbandingan pipa *PVC* dan besi.
2. Menghitung perbandingan tekanan pada pipa *PVC* dan besi

F. Manfaat Penelitian

Diharapkan dengan manfaat pada penelitian ini dapat diambil beberapa manfaat yang mencakup tiga hal pokok berikut :

1. Manfaat Bagi Dunia Akademik

Dapat memberikan suatu referensi yang berguna bagi dunia akademis khususnya dalam penelitian yang akan dilaksanakan oleh para peneliti yang akan datang dalam hal pembuatan alat praktikum penghitung tekanan air.

2. Manfaat Bagi Universitas

Dapat mengembangkan wawasan keilmuan dan meningkatkan pemahaman tentang cara perancangan alat praktikum penghitungan tekanan air pada suatu alat

3. Bagi Penulis

Dapat mengembangkan wawasan keilmuan dan meningkatkan pemahaman tentang cara perancangan alat praktikum penghitungan tekanan air pada suatu alat

BAB I : PENDAHULUAN

Dalam bab ini penulis akan menguraikan tentang latar belakang, identifikasi masalah, pembatasan masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, penegasan istilah dan sistematika penulisan

BAB II : KAJIAN PUSTAKA

Dalam bab ini penulis akan menguraikan mengenai tinjauan pustaka, landasan teori dan kerangka berpikir

BAB III : METEDOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini penulis akan menguraikan pendekatan penelitian, lokasi dan fokus penelitian, variabel penelitian, proses eksperimen, desain eksperimen, teknik pengumpulan data, teknik analisis data.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini berisi tentang perancangan dan langkah-langkah dalam perancangan dan pembuatan alat praktikum fenomena dasar mesin tekanan fluida menggunakan sensor pressure transmitter menggunakan perbandingan pipa PVC dan besi, serta menjelaskan langkah-langkah pengambilan data pada alat serta teknik analisa dari data yang telah diambil.

BAB V : PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari hasil penelitian dan saran untuk penelitian selanjutnya

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Tinjauan Pustaka

Fenomena Dasar Mesin (FDM) merupakan fenomena-fenomena dalam ilmu dasar teknik mesin, seperti pada teori Bernoulli, defleksi logam akibat pembebanan dan perpindahan energy kalor. Adapun teori yang dipakai pada penelitian ini adalah teori Bernoulli dimana dalam tujuannya digunakan untuk mengukur fluida dalam hal tekanan statis, tekanan dinamis, perubahan tekanan dan kecepatan fluida. Sehingga pada penelitian ini, peneliti akan membuat rancang bangun alat praktikum fenomena dasar mesin tekanan fluida menggunakan sensor *presuure transmitter*. Untuk mendapatkan hasil penelitian yang optimal, penulis melakukan kajian dari penelitian-penelitian terdahulu yang linier, sehingga bisa dijadikan referensi dalam penelitian. Ada beberapa kajian penelitian yang sudah dilakukan peneliti - peneliti sebelumnya, di antaranya yaitu penelitian yang dilakukan oleh Ridhamuttaqin, Trisanto dan Nasrullah (2013)

(Ridwan Arif, dkk 209), Rancang Bangun Sistem Pengaturan Tekanan Pompa Air Menggunakan Sistem Kontrol Logika Fuzzy. Pada saat ini semua industri pasti membutuhkan air. Salah satu kebutuhan penting dalam proses produksi di industri adalah air. Air memerlukan pompa sebagai sarana distribusinya. Dalam proses kerjanya, pompa air memerlukan energi yang cukup besar. Tetapi sering kali pemakaian pompa air tidak sebanding dengan kapasitas kebutuhan air yang dikeluarkan. Apabila kerja pompa air tersebut dapat diatur menggunakan kontroler yang sesuai dan dapat bekerja sesuai karakteristik kebutuhan beban, yaitu pengendali yang dapat menyesuaikan antara tekanan pada keluaran pompa air dengan putaran motor penggeraknya dengan cara menjaga tekanan air agar tetap konstan Pengendalian yang menggunakan pola berfikir manusia, serta dapat mengungkapkan perilaku sistem secara kuantitatif dengan menggunakan bahasa natural tanpa membuat

model matematik dari plant. maka penggunaan energi listrik akan dapat direduksi serta kerugian daya listrik akan semakin kecil. Dari dasar pemikiran diatas, Dari pemikiran tersebut maka dibuatlah pengaturan tekanan air dari keluaran pompa air dengan cara mengatur kecepatan putaran motor penggerak pompa air menggunakan inverter yang dikendalikan oleh kontroler logika fuzzy.

(Dimas Farid Arief Putra dan Stefanus, 2019). Kajian Literatur – Penggunaan Sensor Waterflow pada Proses Pencampuran Cairan dalam Industri. Terdapat beragam jenis metode yang dapat digunakan dalam proses pencampuran cairan otomatis dalam industri seperti menggunakan timer, sensor inframerah, sensor ultrasonik dan sensor waterflow. Penggunaan beragam metode tersebut dimaksudkan agar mendapatkan keluaran yang diinginkan guna mengurangi kemungkinan error. Sensor waterflow merupakan sensor yang memiliki keluaran di dalam liter per jam sehingga lebih memudahkan proses komputasi PLC/Mikrokontroler dan meningkatkan kepresisian dalam pengaturan aktuator.

(Ismail, dkk 2019), Analisis Penurunan Tekanan Aliran Udara Pada Pipa Bertekanan: Sebuah Kajian Literatur. Penurunan tekanan aliran udara pada sistem pipa bertekanan merupakan hal yang sangat berpengaruh terhadap pengaturan unit operasional kompresor dan air dryer pada area power house dalam mensuplai aliran udara ke dalam area kerja welding dan dieshop dikarenakan kerugian yang ditimbulkan akibat tidak termanfaatkannya tekanan aliran udara secara maksimal. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis seberapa besar kerugian penurunan tekanan udara yang ditimbulkan pada sistem pipa bertekanan di unit area kerja welding, power house, dan dieshop dengan menggunakan metode analisis besaran nilai kerugian yang terbagi menjadi dua sub bagian yaitu kerugian mayor (Mayor Pressure Loses) dan kerugian minor (Minor Pressure Losses) dengan mengacu pada studi lapangan. Hasil dari penelitian dapat diketahui bahwa penurunan tekanan udara mayor pipa (hgs) sebesar 525.21 Pa (51.61%), dan minor pipa (hL) sebesar 471.9 Pa (46.37%), sedangkan persentase penurunan tekanan udara berdasarkan lokasi

ketiga area kerja yaitu area welding, powerhouse, dan dieshop yang diketahui secara berurutan dengan nilai sebesar 0.025%, 0.055%, dan 0.061%. Penurunan tekanan aliran udara terbesar terjadi pada sistem pemipaan di area kerja dieshop dengan nilai sebesar 441.1 Pa. Penurunan tersebut menyebabkan pemanfaatan tekanan aliran udara hanya sebesar 719558.9 Pa jauh dari suplai tekanan aliran udara yang dikeluarkan oleh kompresor sebesar 72000 Pa, sehingga untuk meningkatkan tekanan udara pada sistem pemipaan di area kerja dieshop diperlukan penyesuaian antara kondisi kompresor dan karakteristik sistem pemipaan yang digunakan dengan melakukan proses instalasi ulang sistem pemipaan bertekanan.

(Sarjito, dkk 2016). Studi Distribusi Tekanan Aliran Melalui Pengecilan Saluran Secara Mendadak Dengan Belokan Pada Penampang Segi Empat. Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari distribusi tekanan dan penurunan tekanan pada aliran satu fase, melalui penampang pipa persegi dengan belokan (elbow) dan mengalami pengecilan saluran (sudden contraction) ditinjau dari berbagai sudut pandang. Penelitian dilakukan dengan mengalirkan fluida melalui rotameter sebelum masuk seksi uji. Kemudian, Debit aliran yang dipakai sebagai parameter yang divariasikan dalam penelitian ini, yaitu 2 gpm, 4 gpm dan 8 gpm. Dengan menggunakan fluida satu fase yang berupa air. Titik pengukuran tinggi tekanan diambil pada bagian dinding depan dan dinding samping seksi uji. Pada bagian depan seksi uji, diambil 15 titik pengukuran sebelum dinding kontraksi dan 15 titik pengukuran sesudah dinding kontraksi. Pada bagian dinding samping seksi uji, diambil 9 titik pengukuran sebelum dinding kontraksi dan 9 titik pengukuran sesudah dinding kontraksi. Penelitian menghasilkan bahwa setiap kenaikan kecepatan selalu diikuti dengan penurunan tekanan, begitu juga sebaliknya. Pada pipa (S) = 0,6 dengan debit 8gpm, sebelum kontraksi mempunyai kecepatan (v_1) = 0.0683 m/s dan tekanan 109 Kg/m² pada sumbu saluran (titik 3c), kemudian setelah melewati dinding kontraksi tekanan turun menjadi -30 Kg/m² pada kecepatan aliran (v_2) = 0.1896 m/s. Ketika aliran mendekati sudut belokan (90°) terjadi peningkatan tekanan karena adanya perlambatan aliran. Debit aliran berpengaruh pada

besarnya tekanan, semakin besar debit aliran semakin besar juga tekanan yang dapat di ukur. Pada debit aliran (Q) 4 GPM dalam saluran rasio 0,667, aliran masuk bertekanan 85 Kg/m² ketika debit dinaikkan menjadi 8 GPM tekanan naik menjadi 133 Kg/m² . Namun semakin jauh posisi aliran dari dasar pipa maka akan semakin kecil tekanannya. Semakin besar luas penampang pipa maka akan semakin kecil Bilangan Reynoldnya, untuk rasio pengecilan 0,6 pipa outlet (A= 0.0025m²) pada Q = 0.000171m³/det diperoleh harga Re = 3379.53795, pada rasio pengecilan 0,667 (A= 0.0016 m²) pada Q = 0.000171 m³ /det diperoleh harga Re = 4224.42244 dan untuk rasio pengecilan 0,8 pipa outlet (A= 0.0016 m²) pada debit (Q) = 0.000171 m³ /det diperoleh harga Re = 4224.42244. Bilangan Reynolds juga akan naik seiring dengan besarnya debit aliran.

(Tabah Priangkoso dan Dwi Ermadi 2022), Perancangan Alat Praktikum Uji Kerugian Tekanan Aliran Air Dalam Pipa. Uji kerugian tekanan pada sistem perpipaan merupakan salah satu mata praktikum Fenomena Dasar Mesin dengan tujuan memberikan pemahaman kepada mahasiswa tentang terjadinya kerugian tekanan di sepanjang sistem perpipaan yang diakibatkan oleh gaya gesek air pada permukaan dinding dalam pipa. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang alat praktikum uji kerugian tekanan aliran fluida dalam pipa. Fluida yang digunakan adalah air dan pipa yang digunakan berbahan PVC. Sistem perpipaan terdiri dari pipa lurus sepanjang 0,8 m, fitting lurus, dan fitting elbow dengan diameter 1". Pengukuran kerugian head setiap komponen dalam sistem perpipaan dilakukan dengan menghitung selisih tekanan masuk dan keluar dalam bentuk kerugian head menggunakan manometer, sedangkan pengukuran debit aliran menggunakan rotameter dari 10 L/min dengan peningkatan 5 L/min hingga 35 L/min. Hasil pengukuran dibandingkan dengan hasil perhitungan secara teoritis. Hasil pengukuran kerugian head pipa lurus pada alat uji menunjukkan rata-rata mempunyai kesamaan lebih dari 90% untuk setiap debit, sedangkan pada fitting lurus dan fitting elbow didapatkan kesamaan lebih dari 70%. Dengan demikian alat

praktikum uji kerugian tekanan aliran air dalam pipa dapat digunakan untuk praktikum.

B. Landasan Teori

1. *Sensor pressure transmitter*

Sensor tekanan adalah sensor untuk mengukur tekanan suatu zat. Tekanan (p) adalah satuan fisika untuk menyatakan gaya (F) per satuan luas (A). Satuan tekanan sering digunakan untuk mengukur kekuatan dari suatu cairan atau gas. Prinsip kerja dari sensor tekanan ini adalah mengubah tegangan mekanis menjadi sinyal listrik. Kurang ketegangan didasarkan pada prinsip bahwa tahanan pengantar berubah dengan panjang dan luas penampang.



Gambar 2.1 Pressure transmitter ensor
(sumber circuitdigest.com)

Prinsip kerja *sensor Pressure* ini adalah tekanan air nantinya akan langsung diterapkan pada diafragma sensor, diafragma tersebut akan menghasilkan micro perpindahan sebanding dengan tekanan air. Kemudian hambatan listrik dari sensor berubah, serta sebagian sirkuit elektronik digunakan agar bias mendeteksi adanya perubahan dan output sinyal serta pengukuran standar sesuai dengan tekanan yang diubah.

Spesifikasi dari *sensor Pressure* adalah sebagai berikut:

- a. Bekerja pada tegangan DC 5 V
- b. Tegangan keluaran DC 5 V
- c. Tingkat aliran rentang 0 – 1,2 MPa
- d. Suhu pengoperasian 0⁰ C - 85⁰ C
- e. Waktu respon 2 ms
- f. Panjang kabel 19cm

Kerapatan atau densitas (disimbolkan dengan ρ) adalah ukuran untuk konsentrasi zat tersebut yang didefinisikan perbandingan massa suatu bahan persatuan volume secara sistematis kerapatan ini dapat dihitung dengan rumus:

$$\rho = \frac{M}{V} \quad (2.1)$$

ρ = Kerapatan massa (kg/m³)

M = Massa zat cair (kg)

V = Volume zat cair (m³)

Kerapatan air pada temperatur kamar adalah 1,94 slug/ft³ atau 1000 kg/m³ .

Bobot spesifik atau berat jenis adalah berat benda persatuan volume.

$$\gamma = \rho g d \quad (2.2)$$

dimana :

γ = berat jenis (N/m³)

ρ = kerapatan massa (kg/m³)

g = percepatan grafitasi = 9,81 (m/s²)

Volume jenis v adalah yang ditempati oleh sebuah satuan massa zat dan karena itu merupakan kebalikan dari kerapatan masa;

$$v = \frac{l}{p} \quad (2.3)$$

Dalam beberapa masalah kekentalan dinamik dihubungkan dengan rapat massa dalam bentuk :

$$v = \frac{\mu}{\rho} \quad (2.4)$$

dimana:

v = viscositas kinematis zat cair (m^2/s)

μ = kekentalan absolut (N/m^2)

ρ = kerapatan massa (kg/m^3)

a. Aliran Fluida Dalam Pipa

Aliran fluida Aliran fluida dapat terjadi berupa aliran steady atau aliran unsteady. Aliran unsteady terjadi jika keadaan di setiap titik dalam aliran berubah menurut perubahan waktu, sedangkan aliran steady terjadi jika keadaan titik dalam aliran tidak berubah menurut perbedaan waktu.

$$\frac{\delta_p}{\delta_t} = 0; \frac{\delta_v}{\delta_t} = 0; \frac{\delta_T}{\delta_t} = 0 \quad (2.5)$$

b. Persamaan kontinuitas

Persamaan kontinuitas merupakan penurunan dari hukum kekekalan massa. Untuk aliran mantap (steady), massa yang melalui semua bagian dalam arus fluida persatuan waktu adalah sama.

Hal ini dinyatakan dalam:

$$m = \rho_1 \cdot V_1 \cdot A_1 = \rho_2 \cdot V_2 \cdot A_2 \quad (2.6)$$

Untuk fluida inkompresible dan jika $\rho_1 = \rho_2$, maka persamaan di atas menjadi:

$$Q = V_1 A_1 = V_2 A_2 \quad (2.7)$$

dimana:

Q = debit (m^3/s)

V = kecepatan (m/s)

A = luas penampang (m^2)

c. Aliran pada pipa lurus

Aliran laminer adalah tipe aliran dengan kecepatan rendah sehingga ketika fluida mengalir seolah-olah terdiri dari bertumpuk-tumpuk lapisan. Aliran transisi adalah: tipe aliran dengan kecepatan sedang sehingga terjadi transisi antara lain rata (laminer) menuju aliran deras (turbulen). Aliran turbulen adalah tipe aliran dengan kecepatan tinggi sehingga pertikel-pertikel fluida bergerak dengan lintasan yang tidak teratur. Untuk menentukan apakah suatu aliran laminer, transisi atau turbulen dapat dipakai bilangan Reynolds:

$$Re = \frac{VD}{\nu} \quad (2.8)$$

dimana :

Re = bilangan Reynolds

V = kecepatan rata-rata aliran dalam pipa (m/s)

D = diameter dalam pipa (m)

ν = viscositas kinematis zat cair (m²/s) Pada bilangan Reynolds ini terdapat suatu batasan sebagai berikut:

Pada $Re < 2300$, aliran bersifat laminer

Pada $Re > 4000$, aliran bersifat turbulen

ada $Re = 2300 - 4000$ terdapat daerah turbulen transisi, dimana aliran dapat bersifat laminer atau turbulen tergantung pada kondisi pipa dan aliran.

Kerugian dalam sambungan

$$H_{fluid} = K \times \frac{v^2}{2g} \quad (2.9)$$

Dimana ,

K = manufaktur faktor

v = Velocity

g = gravitasi bumi

Pressure loss

$$P = h_{fluid} \times \rho \times \frac{g}{100000} \quad (2.10)$$

Dimana,

h = head loss (m)

ρ = densitas (kg /m³)

g = gravitasi

Energy dan Tingkatan energy Head fluida = Energy kinetik + energy aliran +
Energy potensial

$$EGL = \frac{v^2}{2g} + \frac{P}{\rho} + \text{elevation} \quad (2.11)$$

Dimana

v = besar velocity

g = gaya gravitasi

P = tekanan

ρ = fluidensity

Koefisien aliran (Cv)

$$C_v = \frac{Q}{\sqrt{\frac{\Delta P}{S_G}}} \quad (2.12)$$

Dimana

C_v = koefisien aliran

Q = aliran rata – rata dalam gpm

Δp = Kerugian tekanan dalasm katup

S_G = rasio densitas fluida

K_v koefisien aliran fluida

$$k_v = Q \sqrt{\frac{D}{1000 \times \Delta P}} \quad (2.13)$$

Dimana ,

K_v = koefisien aliran

Q = Debit aliran m^3 /jam

ΔP = Kerugian tekanan

2. Mikrokontroler

a. Pengertian Mikrokontroler

Mikrokontroller adalah sebuah sistem komputer fungsional dalam sebuah *chip*. Di dalamnya terkandung sebuah inti prosesor, memori (sejumlah kecil RAM, memori program, atau keduanya), dan perlengkapan *input output*. Dengan kata lain, mikrokontroler adalah suatu alat elektronika digital yang mempunyai masukan dan keluaran serta kendali dengan program yang bisa ditulis dan dihapus dengan cara khusus, cara kerja mikrokontroler sebenarnya membaca dan menulis data. Sekedar contoh, bayangkan diri Anda saat mulai belajar membaca dan menulis, ketika Anda sudah bisa melakukan hal itu Anda bisa membaca tulisan apapun baik buku, cerpen, artikel dan sebagainya, dan Andapun bisa pula menulis hal-hal sebaliknya. Begitu pula jika anda sudah mahir membaca dan menulis data maka Anda dapat membuat program untuk membuat suatu sistem pengaturan otomatis menggunakan mikrokontroler sesuai keinginan Anda. Mikrokontroler merupakan komputer di dalam *chip* yang digunakan untuk mengontrol peralatan elektronik, yang menekankan efisiensi dan efektifitas biaya. Secara harfiahnya bisa disebut “pengendali kecil” dimana sebuah sistem elektronik yang sebelumnya banyak memerlukan komponen-komponen pendukung seperti IC TTL dan CMOS dapat direduksi atau diperkecil dan akhirnya terpusat serta dikendalikan oleh mikrokontroler ini.

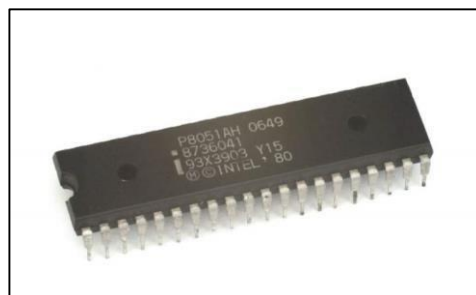
b. Pemanfaatan Mikrokontroler

Mikrokontroler ada pada perangkat elektronik disekeliling kita misalnya *handpone*, *MP3 Player*, *DVD*, *televisi*, *Ac*, dll. Mikrokontroler juga dipakai untuk keperluan mengendalikan robot, baik robot mainan maupun robot industri. Mikrokonktroler juga digunakan dalam produk dan alat yang dikendalikan secara otomatis, seperti sistem kontrol mesin, *remote controls*, mesin kantor, peralatan rumah tangga, alat berat, dan mainan. Dengan mengurangi ukuran, biaya, dan konsumsi tenaga dibandingkan dengan mendesain menggunakan mikroprosesor memori, dan alat *input output* yang terpisah, kehadiran mikrokontroler membuat kontrol elektrik untuk berbagai proses menjadi lebih ekonomis.

c. Jenis-jenis Mikrokontroler

Secara teknis hanya ada dua macam mikrokontroler, yaitu RISC dan CISC. RISC (*Reduced Instruction Set Computer*) instruksi yang dimiliki terbatas, tetapi memiliki fasilitas yang lebih banyak. Sedangkan CISC (*Complex Instruction Set Computer*) instruksi bisa dikatakan lebih lengkap tapi dengan fasilitas secukupnya. Adapun mikrokontroler yang sering digunakan secara umum yaitu sebagai berikut :

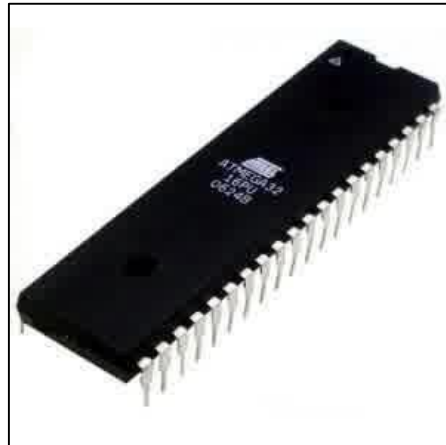
1) Keluarga MCS51



Gambar 2.2 MCS51 (www.tmnstudio.com)

Mikrokontroller ini termasuk dalam keluarga mikrokontroller CISC. Sebagian besar instruksinya dieksekusi dalam 12 siklus *clock*. Mikrokontroller ini berdasarkan arsitektur Hardward dan meskipun awalnya dirancang untuk aplikasi mikrokontroller *chip* tunggal, sebuah mode perluasan telah mengizinkan sebuah ROM luar 64 KB dan RAM luar 64 KB diberikan alamat dengan cara jalur pemilihan *chip* yang terpisah untuk akses program dan memori data. Salah satu kemampuan dari mikrokontroller 8051 adalah pemasangan sebuah mesin pemroses *boolean* yang mengizinkan operasi logika *boolean* tingkatan-bit dapat dilakukan secara langsung dan efisien dalam register internal dan RAM. Karena itulah MCS51 digunakan dalam rancangan awal PLC (*Programmabel Logic Controller*).

2) AVR

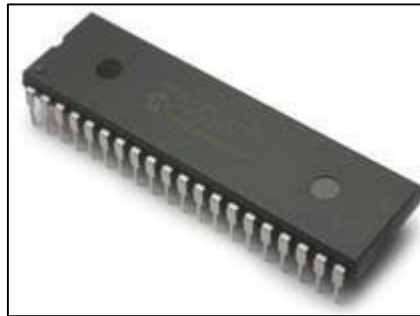


Gambar 2.3 Mikrokontroller AVR (www.robotics-university.com)

Mikrokontroller AVR atau kepanjangan dari *Alv and Vegard's Risc procecor* merupakan mikrokontroller RISC 8 bit. Karena RISC inilah sebagian besar kode instruksinya dikemas dalam satu siklus *clock*. AVR adalah jenis mikrokontroller yang paling sering dipakai dalam bidang elektronika dan instrumentasi. Secara umum AVR

dapat dikelompokkan dalam 4 kelas. Pada dasarnya yang membedakan masing-masing kelas adalah memori, *pariferal*, dan fungsinya. Keempat kelas tersebut adalah keluarga ATTiny, keluarga AT90Sxx, keluarga ATMega, dan AT86RFxx.

3) PIC



Gambar 2.4 Mikrokontroler PIC (www.nextsys.web.id)

Pada awalnya, PIC merupakan *Programmabel Interface Controller*. Tetapi pada perkembangannya berubah menjadi *Programmabel Intelligent Computer*. PIC termasuk keluarga mikrokontroler berarsitektur Harwad yang dibuat oleh Microchip Technology . awalnya dikembangkan oleh Divisi Mikroelektronik General Instruments dengan nama PIC 1640. Sekarang Microchip telah mengumumkan pembuatan PIC-nya yang keenam PIC cukup populer digunakan oleh para developer dan para penghobingoprek karena biayanya yang rendah, ketersediaan dan penggunaan yang luas, database aplikasi yang besar, serta pemrograman (dan pemrograman ulang) melalui hubungan serial pada komputer.

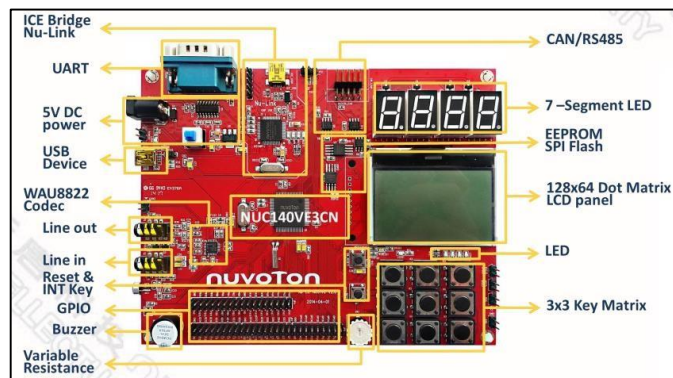
4) Arduino



Gambar 2.5 Mikrokontroler Arduino (Saghoa. 2018)

Arduino adalah kit elektronik atau papan rangkaian elektronik open source yang didalamnya terdapat komponen utama, yaitu sebuah *chip* mikrokontroller dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel.

5) ARM Cortex-M0

Gambar 2.6 Mikrokontroler ARM Cortex-M0
(www.agfi.staff.ugm.ac.id)

ARM adalah prosesor dengan arsitektur set instruksi 32 bit RISC (*Reduced Instruction Set Computer*) yang dikembangkan oleh ARM Holding. ARM merupakan singkatan dari *Advance RISC Machine* (sebelumnya lebih dikenal dengan kepanjangan *Acorn RISC Machine*).

4. Arduino

a. Pengertian Arduino

Arduino adalah pengendali mikro *single-board* yang bersifat *open-source*, diturunkan dari *wiring platform*, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. *Hardware* memiliki prosesor AtmelAVR dan software memiliki bahasa pemrograman sendiri. Arduino juga merupakan *platform hardware* terbuka yang ditujukan kepada siapa saja yang ingin membuat purwarupa peralatan elektronik interaktif berdasarkan *hardware* dan *software* yang fleksibel dan mudah digunakan. Mikrokontroler diprogram menggunakan bahasa pemrograman arduino yang memiliki kemiripan *syntax* dengan bahasa pemrograman C. Karena sifatnya yang terbuka maka dapat mengunduh skema *hardware* arduino dan membangunnya dengan mudah. Arduino menggunakan keluarga mikrokontroler ATmega yang dirilis oleh Atmel sebagai basis, namun ada individu atau perusahaan yang membuat *clone* arduino dengan menggunakan mikrokontroler lain dan tetap kompatibel dengan arduino pada level *hardware*. Untuk fleksibilitas, program dimasukkan melalui *bootloader* meskipun ada opsi untuk *bypass bootloader* dan menggunakan *downloader* untuk memprogram mikrokontroler secara langsung melalui *port ISP*.

b. Penggunaan dan Pemanfaatan Arduino

Kegunaan Arduino tergantung kepada kita yang membuat program. Arduino bisa digunakan untuk mengontrol LED, mengontrol lampu lalu lintas, bisa juga digunakan untuk mengontrol helikopter. Sudah banyak contoh yang sudah pernah dibuat diantaranya MP3 *player*, pengontrol mesin, mesin CNC, monitor kelembapan tanah, pengukur jarak, penggerak servo, balon udara, pengendali suhu, monitor energi, stasiun cuaca, pembaca RFID, drum elektronik, GPS logger, *monitoring* bensin, dan masih banyak lagi.

c. Jenis-Jenis Perangkat Keras Arduino

1) *Board Arduino/Arduino Uno*



Gambar 2.7 Arduino Uno (Andi. 2003)

Arduino uno adalah papan mikrokontroler berbasis Atmega328 yang memiliki 14 pin digital *input/output* (dimana 6 pin dapat digunakan sebagai *output* PWM), 6 *input* analog, *clock speed* 16 MHz, koneksi USB, *jack* listrik *header* ICSP, dan tombol reset. *Board* ini menggunakan daya yang terhubung ke komputer dengan kabel USB atau daya eksternal dengan adaptor AC-DC atau baterai. Arduino Uno adalah pilihan yang baik untuk pertama kali atau bagi pemula yang ingin mengenal arduino. Di samping sifatnya yang reliabel, harganya juga murah.

2) Sumber Catu Daya

Arduino dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya eksternal. Sumber daya dipilih secara otomatis. Sumber daya eksternal (non-USB) dapat berasal dari adapter AC-ke-DC atau baterai. Adapter ini dapat dihubungkan dengan menancapkan power *jack*, dapat juga menghubungkan pada power pin (Gnd dan Vin).

3) *Input dan Output*

Setiap *pin* digital pada board Arduino Uno dapat digunakan sebagai *input* ataupun *output*. Dengan menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalWrite()`, dan `digitalRead()`. Pin-pin ini beroperasi pada tegangan 5V. Setiap pin mampu memberikan atau menerima arus maksimum dan memiliki resistor pull-up internal (secara default tidak terhubung) dari 20-50 kOhms.

4) *USB/Serial Light Adapter*

Board ini mengonversi sambungan ketegangan 5V serial TX and RX yang dapat anda sambungkan dengan arduino mini, arduino *Ethernet*, atau mikrokontroler lainnya. USB serial adaptor mempunyai mini USB pada board dan terdapat 5 pin termasuk RX untuk menerima data dari komputer dan pin TX untuk mengirim data ke komputer, pin 5V, Ground dan pin reset.

5) *Mini USB/Serial Adapter*

Board ini mengonversi sambungan ketegangan 5V serial TX and RX yang dapat anda sambungkan dengan arduino mini, arduino *Ethernet*, atau mikrokontroler lainnya. USB serial adaptor mempunyai mini USB pada board dan terdapat 5 pin termasuk RX untuk menerima data dari komputer dan pin TX untuk mengirim data ke komputer, pin 5V, Ground dan pin reset.

d. Perangkat Lunak Arduino

Software yang digunakan dalam membuat listing program adalah Arduino IDE (*Integrated Development Environment*). IDE (*Integrated Development Environment*) adalah sebuah perangkat lunak yang digunakan untuk mengembangkan aplikasi mikrokontroler mulai dari menuliskan *source* program, kompilasi, upload hasil kompilasi dan uji coba secara terminal serial. Kode-kode program arduino umumnya disebut dengan sketch dan dibuat menggunakan bahasa pemrograman C IDE Arduino terdiri dari:

1) Editor Program

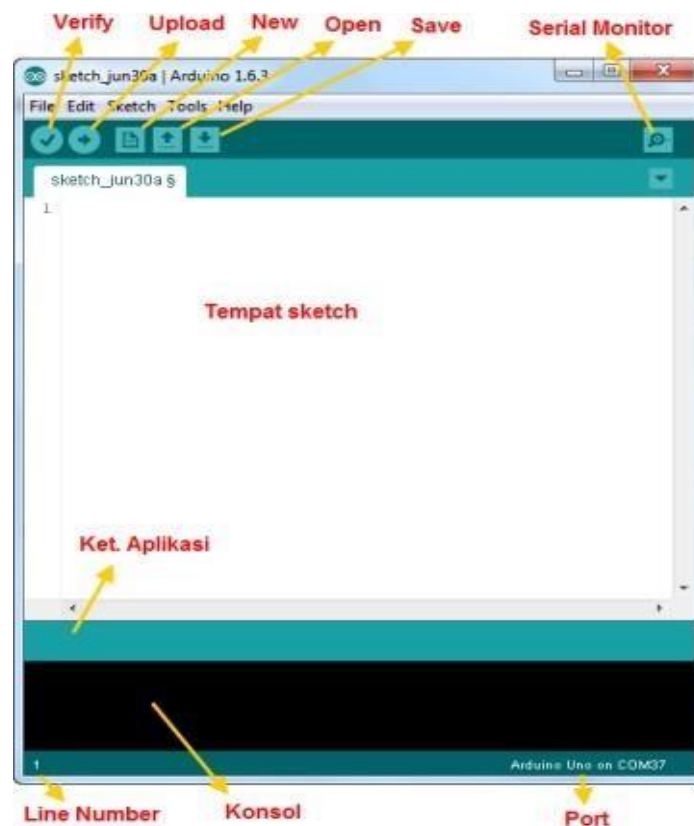
Sebuah *window* yang memungkinkan pengguna menulis dan mengedit program dalam bahasa *processing*.

2) Compiler

Berfungsi untuk kompilasi *sketch* tanpa unggah ke *board* bisa dipakai untuk pengecekan kesalahan kode sintaks *sketch*. Sebuah modul yang mengubah kode program menjadi kode biner bagaimanapun sebuah mikrokontroler tidak akan bisa memahami bahasa *processing*.

3) Uploader

Berfungsi untuk mengunggah hasil kompilasi *sketch* ke board target. Pesan *error* akan terlihat jika board belum terpasang atau alamat *port* COM belum terkonfigurasi dengan benar dari komputer ke dalam *memory* di dalam papan arduino.



Gambar 2.8 Tampilan Software Arduino IDE (Pradifta, 2020)

Pada gambar 2.8 merupakan toolbar IDE yang memberikan akses instan ke fungsi-fungsi yang penting:

a) Verify

Pada versi sebelumnya dikenal dengan istilah *Compile*. Sebelum aplikasi diupload ke *board* Arduino, biasanya untuk memverifikasi terlebih dahulu *sketch* yang dibuat. Jika ada kesalahan pada *sketch* nanti akan muncul *error*. Proses *Verify/Compile* mengubah *sketch* ke *binary code* untuk diupload ke mikrokontroler.

b) Upload

Tombol ini berfungsi untuk mengupload *sketch* ke *board* Arduino. Walaupun kita tidak mengklik tombol verify, maka *sketch* akan di-compile, kemudian langsung diupload ke board. Berbeda dengan tombol verify yang hanya berfungsi untuk memverifikasi *source code* saja.

c) *New Sketch*

Membuka window dan membuat *sketch* baru

d) *Open Sketch*

Membuka *sketch* yang sudah pernah dibuat. *Sketch* yang dibuat dengan IDE Arduino akan disimpan dengan ekstensi file. Ino.

e) *Save Sketch*

Menyimpan *sketch*, tapi tidak disertai dengan mengcompile.

f) *Serial Monitor*

Membuka *interface* untuk komunikasi serial, nanti akan kita diskusikan lebih lanjut pada bagian selanjutnya.

g) Keterangan Aplikasi

Pesan-pesan yang dilakukan aplikasi muncul di sini, misal “*Compling*” dan “*Done Uploading*” ketika kita mengcompile dan mengupload *sketch* ke *board* Arduino.

h) Konsol

Pesan-pesan yang dikerjakan aplikasi dan pesan-pesan tentang *sketch* akan muncul pada bagian ini. Misal, ketika aplikasi mengcompile atau ketika ada kesalahan pada *sketch* yang kita buat, maka informasi *error* dan baris akan diinformasikan di bagian ini.

i) Baris *Sketch*

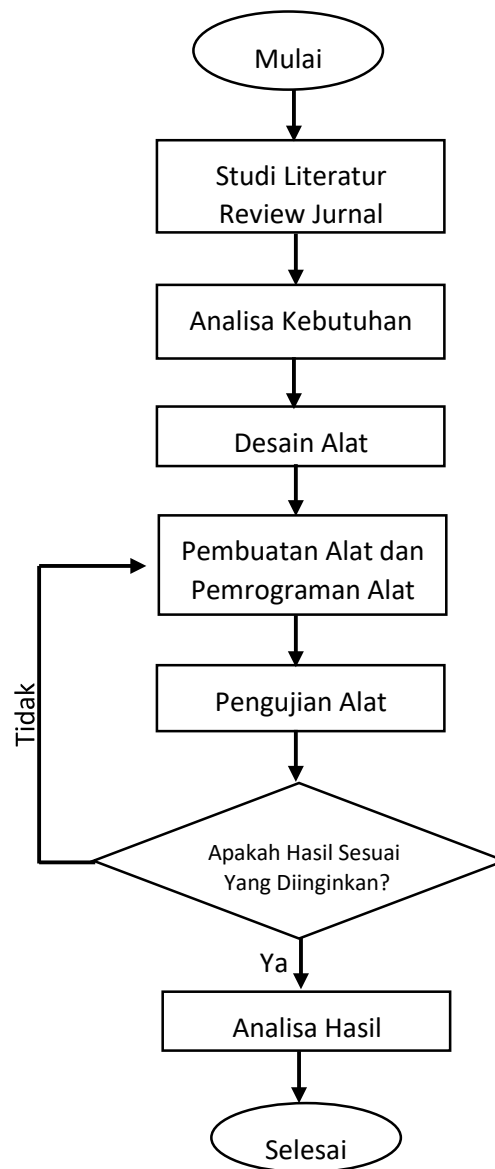
Bagian ini akan menunjukkan posisi baris kursor yang sedang aktif pada *sketch*.

j) Informasi *Port*

Bagian ini menginformasikan *port* yang dipakai oleh *board* Arduino.

C. Kerangka Berpikir

Desain penelitian ini menggunakan desain penelitian eksperimen, yaitu dengan cara melakukan pengukuran langsung terhadap alat dengan menggunakan variasi dari variabel bebas, dalam hal ini tekanan air pada saat proses pengujian.



Gambar 2.9 Kerangka Berpikir

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Pendekatan Penelitian

Di dalam penelitian ini digunakan metode penelitian eksperimen (*experimental*) yang bertujuan untuk mendekati permasalahan yang diteliti sehingga dapat menjelaskan dan membahas permasalahan secara tepat. Eksperimen ialah penelitian dengan memanipulasi suatu variable yang sengaja dilakukan oleh peneliti untuk melihat efek yang terjadi dari tindakan tersebut (Suharsini, 1998 : 3). Adapun penelitian ini adalah bentuk penelitian yang berusaha untuk mengisolir dan mengontrol pada tiap keadaan yang relevan dengan situasi yang diteliti lalu melakukan pengamatan terhadap efek atau pengaruh ketika kondisi-kondisi tersebut dimanipulasi. Dengan kata lain, perubahan atau manipulasi dilakukan terhadap variabel bebas dan pengaruhnya diamati pada variabel terikat.

Selain itu, metode eksperimen ini dilaksanakan dengan tujuan agar hipotesis yang telah dirumuskan sebelumnya dapat terbukti. Metode eksperimen ini cocok dengan penelitian yang sedang penulis laksanakan yakni Rancang Bangun Alat Praktikum Penghitung tekanan Air Menggunakan *pressure transmitter Sensor*. Metode penelitian eksperimen terbagi dalam tiga kelompok besar, yaitu pra-eksperimen, eksperimen, dan eksperimen semu (*quasi experiment*). Dalam penelitian ini penulis menggunakan metode penelitian eksperimen (*expperimental*).

B. Lokasi dan Fokus Penelitian

1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilaksanakan di Kampus 3 Universitas PGRI Semarang yang beralamat Jalan Pawiyatan Luhur III, Bendan Duwur Kec. Gajahmungkur, Kota Semarang, Jawa Tengah. Adapun alasan peneliti

memilih lokasi penelitian dilaksanakan di Kampus 3 Universitas PGRI Semarang antara lain sebagai berikut:

- a. Secara geografis letak Kampus 3 Universitas PGRI Semarang dekat dengan lingkungan tempat tinggal peneliti, sehingga peneliti dapat lebih efisien dalam melakukan penelitian.
- b. Kampus 3 Universitas PGRI Semarang merupakan tempat peneliti melakukan praktikum selama kuliah sehingga mempermudah dalam proses perijinan dan pengolahan data penelitian.

2. Fokus Penelitian

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka fokus penelitian ini adalah untuk membangun alat praktikum penghitung tekanan air pada suatu alat menggunakan sensor pressure transmitter dengan pembanding pipa pvc dan besi.

C. Variabel Penelitian

Variabel adalah sesuatu yang dapat berubah atau beragam. Variabel penelitian adalah gejala-gejala yang menunjukkan perubahan.

(Arikunto, 1996:107). Variabel yang termasuk dalam penelitian ini adalah:

1. Variabel Bebas

Variabel bebas atau variabel independen menurut Sugiyono (2011:61) adalah “Merupakan variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel dependen (terikat)”. Variabel bebas pada penelitian ini adalah variasi tekanan air, dimana dalam penelitiannya menggunakan 2 pipa berbeda yaitu pipa *PVC dan esi*.

2. Variabel Kontrol

Variabel kontrol menurut Sugiyono (2014:41) dapat didefinisikan sebagai variabel yang dikendalikan atau dibuat konstan sehingga pengaruh variabel independen terhadap dependen tidak dipengaruhi oleh faktor luar

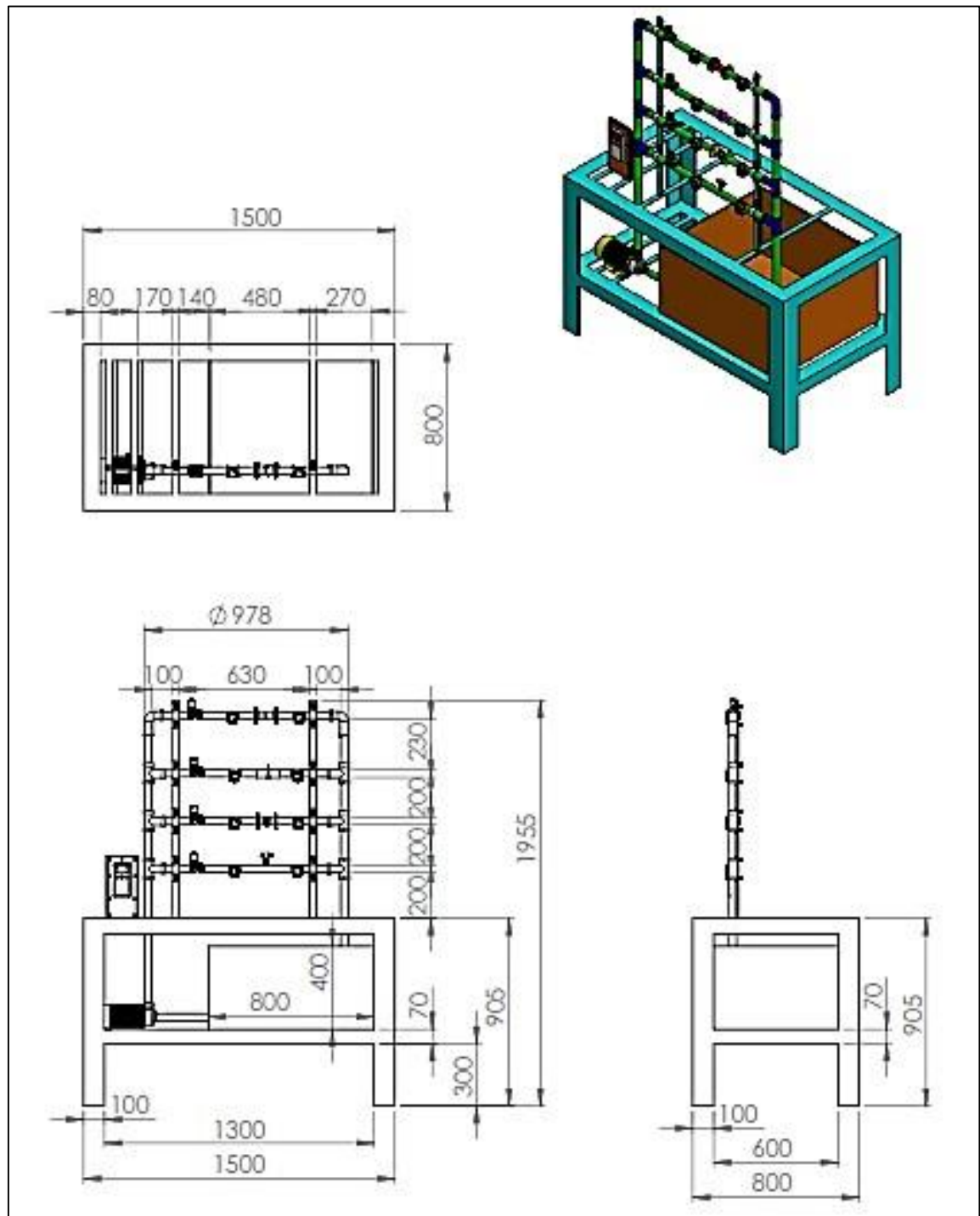
yang tidak diteliti. Variabel kontrol pada penelitian ini adalah penggunaan *pressure transmitter* sebagai alat ukur debit air.

3. Variabel Terikat

Variabel terikat atau sering disebut variabel *dependent* merupakan variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat adanya variabel bebas (Sugiyono, 2015:61). Variabel terikat dalam penelitian ini adalah nilai optimal dari putaran *solenoid valve* yang akan digunakan pada alat praktikum sehingga hasil yang terbaca pada sensor *pressure transmitter*. Adapun teknik pengukuran dengan mengatur putaran pada motor *solenoid valve* sesuai dengan variasi putaran yang diinginkan.

D. Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen (*experimental*). Penelitian eksperimen adalah penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendalikan, kondisi yang terkendalikan di maksud adalah adanya hasil dari penelitian dikonversikan ke dalam angka-angka untuk analisis yang digunakan adalah dengan menggunakan analisis statistik (Sugiyono, 2011:72). Eksperimental *design (experimental)* merupakan salah satu dari bentuk penelitian eksperimental, karena dalam desain ini peneliti dapat mengontrol semua variabel luar yang mempengaruhi jalannya eksperimen. Dengan demikian validitas internal (kualitas pelaksanaan rancangan penelitian) dapat menjadi tinggi. Ciri utama dari *true experimental* adalah sampel yang digunakan untuk eksperimen maupun sebagai kelompok kontrol diambil secara random dari populasi tertentu. Adapun desain penelitian dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 3.1. Detail Rancangan Desain Alat Praktikum
Fenomena Dasar Mesin Aliran Fluida

Adapun beberapa dasar perhitungan yang digunakan dalam pembautan alat praktikum ini sebagai berikut:

1. Pengukuran Aliran Fluida

Aliran fluida umumnya diukur dengan *flowmeter* sebagai *flowrate*, dibagi menjadi dua besaran yaitu *mass flowrate* (laju aliran massa) dan *volume flowrate* (laju aliran volume). *Volume flowrate* sangat bergantung pada kondisi fisik dari fluida yang bersangkutan yaitu densitas. Hubungan keduanya adalah:

$$Q_v = \frac{Q_m}{\rho} \quad \dots\dots\dots (3.1)$$

Dimana:

Q_v : Volume Flowrate

Q_m : Massa Flowrate

ρ : Densitas

2. Pressure transmitter

Sebuah alat yang digunakan untuk menstandarkan sinyal yang dikeluarkan oleh sensor dan dirubah menjadi sinyal yang dapat diterima oleh kontroler. Sedangkan cara kerja dari sensor tersebut yaitu bagian primer sebagai pengukur tekanan, bagian sekunder digunkn untuk merubah tekann dn yang terakhir yaitu elektrik housing yang digunakan untuk merubah sinyal yang dapat ditangkap oleh kontroler untuk dirumah menjai output pada *LCD*

Prinsip kehilangan energi akibat gesekan (friksi) dalam saluran pipa dapat dijelaskan pada persamaan Darcy-Weisbach berikut.

$$hf = f \cdot \frac{L}{d} \frac{v^2}{2g} \quad (3.2)$$

dimana:

h_f = kehilangan energi (m)

f = faktor gesekan, yang tergantung dari angka Reynolds (diagram Moody), diameter, dan kekasaran pipa

L = panjang pipa (m)

v = kecepatan aliran fluida dalam pipa (m/s)

d = diameter pipa (m)

g = gaya gravitasi

fenomena kerugian tekanan pada aliran mampu mampat (aliran udara) pada suatu saluran dengan kecepatan aliran tetap pada sisi masuk dan keluar saluran yang bertekanan diatas satu atmosfer dianalisis dengan menggunakan hukum kekelan massa dan persamaan kontinuitas dalam mekanika fluida. Laju aliran massa udara masuk akan sama dengan yang keluar. Laju aliran massa yang mengalir dapat diketahui dengan persamaan dibawah ini (Munson, BR., Young, DF. & Okiishi, TH. 2002):

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 \quad (3.3)$$

$$\rho_1 \cdot V_1 \cdot A_1 = \rho_2 \cdot V_2 \cdot A_2$$

$$\frac{V_1 \cdot A_1}{v_1} = \frac{V_2 \cdot A_2}{v_2}$$

Dimana :

\dot{m} = laju aliran massa (kg/s)

V = kecepatan aliran fluida (m/s)

A = luas penampang saluran m²

ρ = rapat massa (kg/m³)

v = volume jenis (m³ /kg) Berikut merupakan tabel pengambilan data dalam penelitian ini.

Laju aliran (Q) adalah volume fluida yang dikeluarkan tiap detiknya. Laju aliran dapat diketahui dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Q = V \cdot A \quad (3.4)$$

Laju aliran melalui penampang luasan masuk A_1 dan penampang luasan keluaran A_2 harus sama, dengan demikian:

$$\rho_1 \cdot V_1 \cdot A_1 = \rho_2 \cdot V_2 \cdot A_1 \quad (3.5)$$

disebut persamaan kontinuitas. Jika $\rho_1 = \rho_2$, maka persamaan kontinuitas menjadi

$$V_1 \cdot A_1 = V_2 \cdot A_1 \quad (3.6)$$

Karena luas penampang sama sepanjang lintasan, berdasarkan persamaan kontinuitas maka kecepatan aliran masuk dan keluar saluran tetap sama.

Kerugian tekanan aliran udara dalam saluran disebabkan oleh gesekan antara udara dengan permukaan dalam pipa yang kemudian muncul dalam persamaan Bernoulli;

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2} + gh_1 = \frac{P_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2} + gh_2 + \Delta P \quad (3.7)$$

Dari persamaan ini, dapat diketahui bahwa yang berpengaruh pada terjadinya kerugian tekanan adalah disebabkan adanya perbedaan tekanan antar bagian titik tekan pada saluran karena seluruh variabel yang lain dalam persamaan tersebut sama pada sisi masuk dan sisi keluaran.

$$\Delta P = P_{n+1} - P_n \quad \text{dimana : } n = 1,2,3...10 \quad (3.8)$$

Tabel 3.1. Tabel Pengambilan Data

No.	Tekanan Air (Putaran Selenoid Valve)	ΔP Pembacaan Alat (Psig)						Rata-rata ΔP (Psig)
		1	2	3	4	5	6	
1.	3							
2.	4							
3.	5							
4	6							
5	7							
6	8							
7	9							

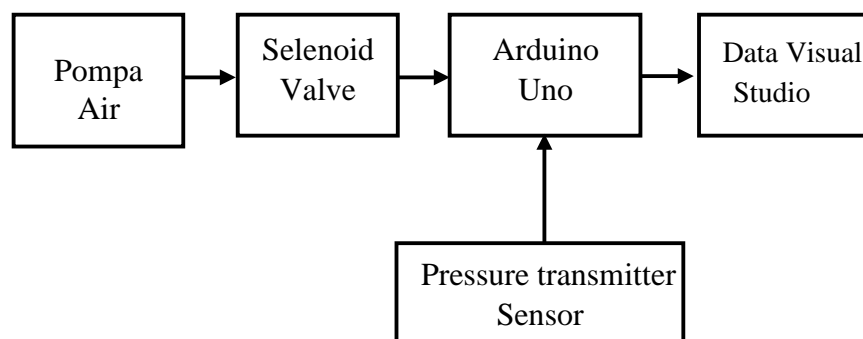
8	10							
9	11							
10	12							

E. Proses Eksperimen

Penelitian ini akan dilaksanakan melalui beberapa tahapan prosedur sebagai berikut:

1. Persiapan

- a. Sebelum memasuki tahap pembuatan alat, terlebih dahulu dilakukan persiapan dengan membuat blok diagram. Blok diagram rangkain merupakan salah satu bagian terpenting dalam perancangan alat untuk mempermudah konfigurasi yang diperlukan, hal ini akan sangat membantu dalam mengetahui kesalahan serta kelemahan jika terjadi kegagalan dalam perancangan system tersebut. Selain itu *block* diagram juga akan membantu untuk memahami system yang dilakukan. Perancangan *block* diagram dimaksudkan untuk memberikan kemudahan dan gambaran mengenai alat yang akan dirancang. Berikut ini merupakan bagan blok diagram dari alat penelitian ini :



Gambar 3.2. Diagram Block System.

Keterangan blok diagram di atas adalah:

1) Pompa Air

Pompa air adalah alat yang digunakan untuk memindahkan cairan atau (fluida) Dari suatu tempat ketempat lain melalui saluran (pipa) dengan menggunakan tenaga listrik untuk mendorong air yang dipindahkan dengan cara menaikkan tekanan cairan tersebut untuk mengatasi hambatan pengaliran, dan hambatan pengaliran. Pada prinsipnya pompa air mengubah energi mekanik motor menjadi energi aliran fluida.

2) Arduino

Arduino adalah kit elektronik atau papan rangkaian elektronik open source yang didalamnya terdapat komponen utama, yaitu sebuah *chip* mikrokontroller dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel.

3) *Solenoid Valve*

Solenoid valve merupakan katup yang dikendalikan dengan arus listrik baik AC maupun DC melalui kumparan / selenoida. *Solenoid valve* ini merupakan elemen kontrol yang paling sering digunakan dalam sistem fluida. Seperti pada sistem pneumatik, sistem hidrolik ataupun pada sistem kontrol mesin yang membutuhkan elemen kontrol otomatis. Contohnya pada sistem pneumatik, *solenoid valve* bertugas untuk mengontrol saluran udara yang bertekanan menuju aktuator *pneumatic (cylinder)*. Atau pada sebuah tandon air yang membutuhkan *solenoid valve* sebagai pengatur pengisian air, sehingga tandon tersebut tidak sampai kosong.

4) *Pressure transmitter Sensor*

Pressure transmitter sensor adalah sensor yang mempunyai fungsi sebagai penghitung tekanan air yang mengalir yang dimana terjadi pergerakan motor yang akan dikonversi kedalam nilai

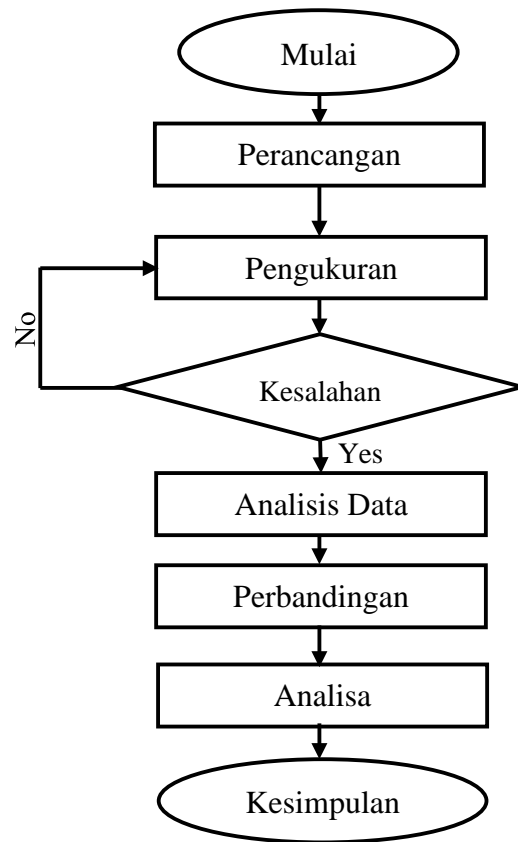
satuan paschal. Sensor tekanan adalah sensor untuk mengukur tekanan suatu zat. Tekanan (p) adalah satuan fisika untuk menyatakan gaya (F) per satuan luas (A). Satuan tekanan sering digunakan untuk mengukur kekuatan dari suatu cairan atau gas. Prinsip kerja dari sensor tekanan ini adalah mengubah tegangan mekanis menjadi sinyal listrik. Kurang ketegangan didasarkan pada prinsip bahwa tahanan pengantar berubah dengan panjang dan luas penampang

2. Pelaksanaan

Pada tahap ini kegiatan yang dilakukan adalah sebagai berikut: a. Pembuatan alat secara keseluruhan.

- b. Pembuatan *software* atau program.
- c. Pengoperasian alat.
- d. Pengujian alat.
- e. Selesai.

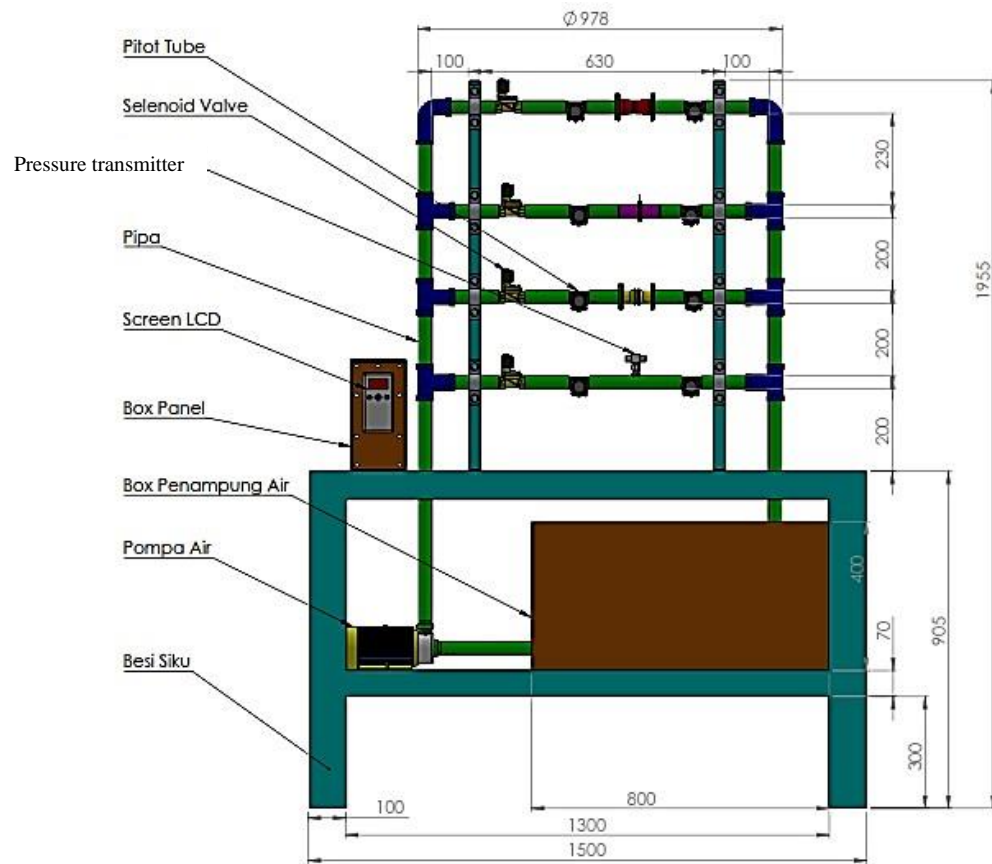
Berikut tahap pelaksanaan penelitian ini dapat dilihat pada bagan diagram berikut:



Gambar 3.3. Diagram Alir Tahap Pelaksanaan Eksperimen

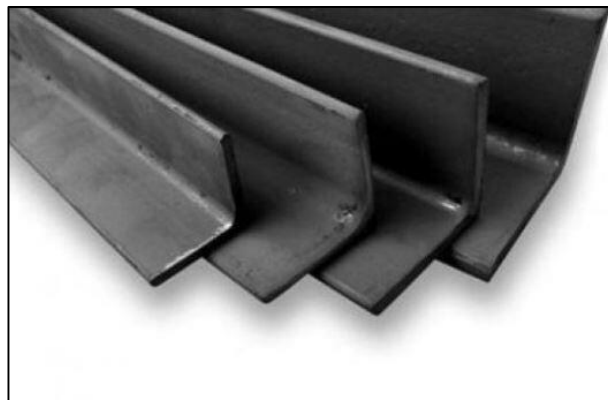
a. Pembuatan Alat

Dalam proses rancang bangun alat praktikum fenomena dasar mesin aliran fluida ini menggunakan beberapa komponen, antara lain sebagai berikut:



Gambar 3.4. Detail Komponen Alat Praktikum
Fenomena Dasar Mesin Aliran Fluida

1) Besi Siku



Gambar 3.5. Besi Siku (www.oliswel.com)

Besi siku adalah batang besi berpenampang siku (membentuk sudut 90 derajat). Besi siku berfungsi untuk membuat rak besi, tower air, kerangka tangga, hingga rangka pintu. Dalam hal ini besi siku digunakan sebagai frame atau rangka dari alat praktikum ini dengan dimensi frame 1500mm x 800mm x 905mm.

2) Pipa



Gambar 3.6. Pipa (www.dekoruma.com)

Dalam perancangan ini, pipa diunakan untuk mengalirkan fluida yang akan diukur. Pipa memiliki arti sebuah selongsong bundar yang digunakan untuk mengalirkan fluida -cairan atau gas. Dalam sebuah pipa atau lebih tepatnya sistem pemipaan, kita akan mengenal istilah NPS. NPS yang memiliki kepanjangan dari Nominal Pipe Size adalah istilah yang menunjukkan diameter nominal (bukan ukuran sebenarnya) dari sebuah pipa. Maksudnya nominal disini adalah hanya angka standar yang digunakan sebagai satuan umum.

Contohnya adalah ketika kita menyebutkan pipa 2" (dua in) Maka pipa tersebut memiliki ukuran sekitar dua in, namun ukuran aslinya bila di ukur tidak tepat dua in. Nilai dua in tersebut hanya nominal yang di gunakan untuk meyebutkan

jenis pipa agar baik penjual atau pemakai sama sama tahu, tetapi bukan ukuran sebenarnya.

3) Pompa Air



Gambar 3.7. Pompa Air (www.rumah.com)

Pengertian pompa air secara umum adalah alat yang digunakan untuk memindahkan cairan atau (fluida) dari suatu tempat ke tempat lainya melalui saluran (pipa) dengan menggunakan tenaga listrik untuk mendorong air yang dipindahkan secara terus menerus. Dalam perancangan alat praktikum ini, pompa air digunakan sebagai pemindah atau pendorong air ke dalam pipa yang kemudian akan diukur debit air tersebut. 4)

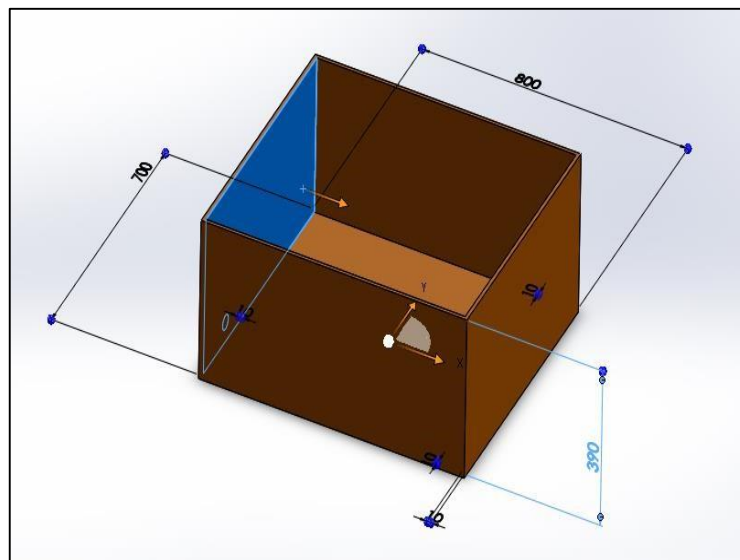
Solenoid Valve



Gambar 3.8. Solenoid Valve
(www.kitomaindonesia.com)

Solenoid valve adalah elemen kontrol yang paling sering digunakan dalam fluida. Tugas dari *solenoid valve* adalah untuk mematikan, *release*, *distribute* atau *mix fluids*. *Solenoid Valve* banyak sekali jenis dan macamnya tergantung tipe dan penggunaannya, namun berdasarkan modelnya *solenoid valve* dapat dibedakan menjadi dua bagian yaitu *solenoid valve single coil* dan *solenoid valve double coil* keduanya mempunyai cara kerja yang sama.

5) *Box* Penampung Air



Gambar 3.9 *Box* Penampung Air

Box penampung air dalam perancangan alat praktikum ini mempunyai sebagai tempat atau wadah air yang akan dialirkan ke dalam pipa dan juga sebagai penampung air yang dikeluarkan oleh pipa. Lebih sederhananya sebagai tempat sirkulasi air pada alat praktikum ini. Dimensi dari *box* ini adalah 800mm x 700mm x 400mm.

6) *Sensor pressure transmitter*



Gambar 3.10. pressure transmitter

Sensor tekanan adalah sensor untuk mengukur tekanan suatu zat. Tekanan (p) adalah satuan fisika untuk menyatakan gaya (F) per satuan luas (A). Satuan tekanan sering digunakan untuk mengukur kekuatan dari suatu cairan atau gas. Prinsip kerja dari sensor tekanan ini adalah mengubah tegangan mekanis menjadi sinyal listrik. kurang ketegangan didasarkan pada prinsip bahwa tahanan pengantar berubah dengan panjang dan luas penampang

8) *Box Panel*

Box panel merupakan tempat kontroler pada alat praktikum ini diletakan, seperti arduino dan *screen* LCD. 9) LCD 14x16



Gambar 3.11 Liquid Crystal Display (LCD).
(www.skemaku.com)

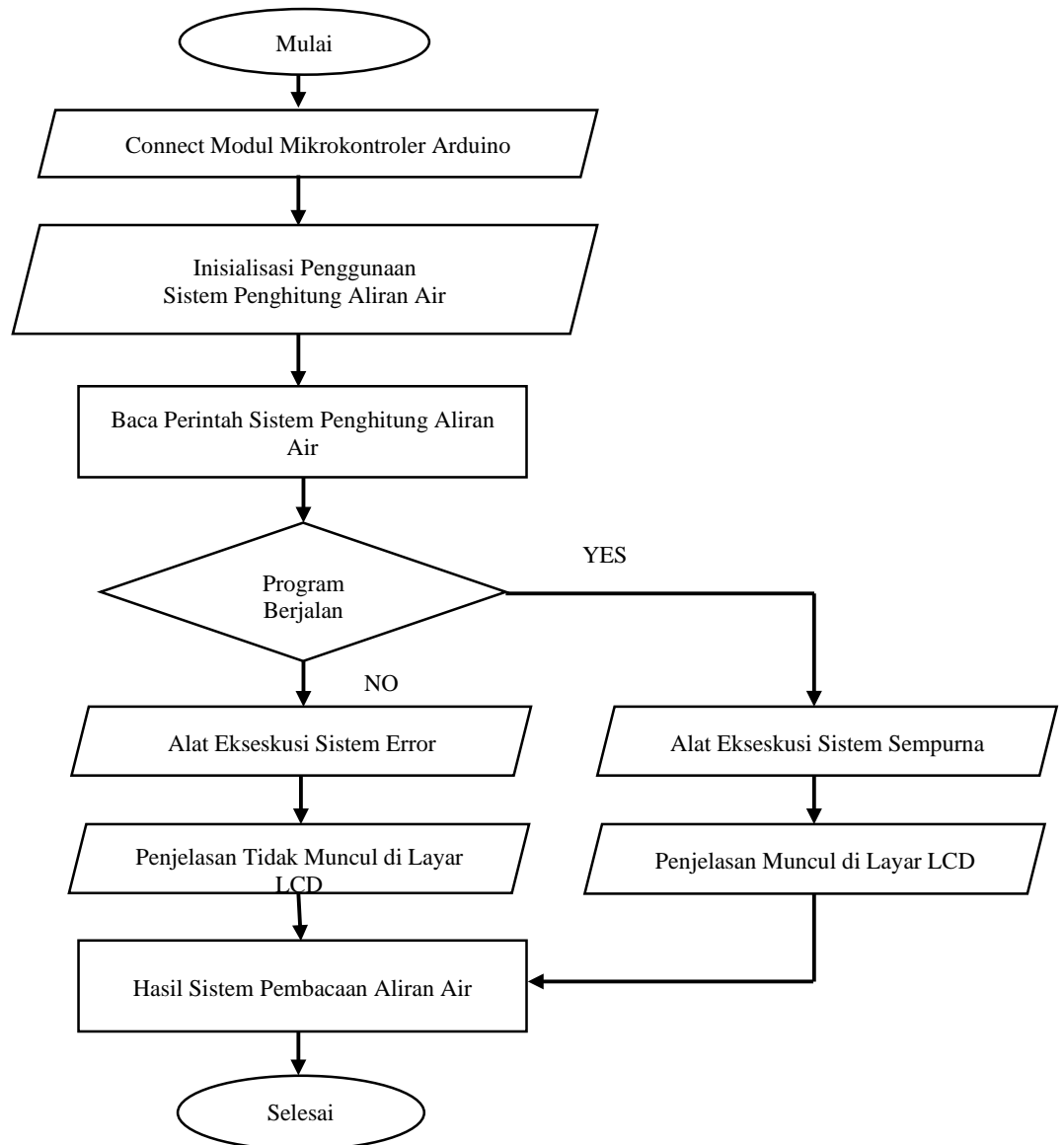
LCD atau *liquid crystal display* adalah suatu jenis media *display* (tampilan) yang menggunakan kristal cair (*liquid crystal*) untuk menghasilkan gambar yang terlihat. Dalam perancangan ini, LCD digunakan untuk menampilkan hasil pembacaan aliran fluida dari alat praktikum ini.

b. Pembuatan *Software* atau Program

Pada Rancang Bangun Alat Praktikum Penghitung Aliran Air ini dibutuhkan sebuah program agar sistem dapat berjalan. *Software* Arduino IDE dipilih untuk pembuatan program pada system. Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) adalah *software* yang berfungsi untuk menuliskan program, *meng-compile* menjadi *code* dan *meng-upload* ke dalam *memory* Arduino. Pemograman pada Mikrokontroler Arduino menggunakan bahasa C kelebihan dari Arduino IDE sendiri adalah adanya *library* bawaan yang banyak disediakan untuk memudahkan dalam memprogram. Dan didalam *software* Arduino IDE terdapat banyak sampel program yang sudah tersedia. Setelah pembuatan program selesai kemudian dibuat sebuah diagram alir atau *flowchart* *Flowchart* sendiri adalah jalur kerja dari suatu proses terhadap sistem yang telah dibuat agar dapat dengan mudah untuk dipahami dan dijelaskan menggunakan simbol-simbol tertentu yang menggambarkan urutan proses secara

mendetail dan hubungan antara suatu proses dengan proses yang lainnya dalam suatu program.

Berikut merupakan *flowchart* dari Rancang Bangun Alat Praktikum Penghitung Aliran Air.



Gambar 3.12 Flowchart Rancang Bangun Alat Praktikum Penghitung Aliran Air

c. Pengoperasian Alat

Pengoperasian alat ini bisa dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- 1) Pastikan alat sudah terhubung dengan sumber tegangan.
- 2) Menyalakan alat dengan menekan tombol ON.
- 3) Pilih *push button* sistem penghitung aliran air
- 4) Pilih tekanan yang akan digunakan dengan cara memutar *solenoid valve* sesuai variasi variabel perlakuan.
- 5) Kemudian pompa dinyalakan.
- 6) Kemudian sensor akan membaca secara otomatis aliran air yang lewat.

d. Pengujian Alat

Sebelum melakukan pengujian alat harus dilakukan pengecekan perangkat atau komponen-komponen yang digunakan, sehingga dapat dipastikan perangkat tersebut dalam kondisi baik dan berfungsi dengan maksimal. Komponen-komponen yang dilakukan pengecekan terlebih dahulu adalah:

- 1) Mikrokontroler Arduino
- 2) *Sensor Pressure Transmitter*
- 3) Pompa Air
- 4) *Solenoid Valve*
- 5) *LCD Display*

Selanjutnya melakukan analisis dengan perlakuan memberikan variasi tekanan air dengan cara memutar solenoid valve sesuai variasi, kemudian melihat perbedaan hasil dari sistem variasi tekanan air tersebut.

3. Akhir Eksperimen

Pada tahap ini kegiatan yang dilakukan adalah menarik kesimpulan penggunaan tekanan air yang paling tepat digunakan dalam alat praktikum penghitung aliran air ini sehingga dapat digunakan langsung untuk praktikum mahasiswa.

F. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data merupakan langkah yang paling strategis dalam penelitian, karena tujuan utama dari penelitian adalah mendapatkan data. Dengan menggunakan teknik pengumpulan data, maka peneliti akan mendapatkan data yang memenuhi standar data yang ditetapkan (Sugiyono, 2010: 62). Teknik pengumpulan data dapat dilakukan dengan cara:

1. Eksperimen

Menurut Ltin (2002), penelitian eksperimen merupakan penelitian yang dilakukan dengan melakukan manipulasi yang bertujuan untuk mengetahui akibat manipulasi terhadap perilaku yang diamati. Dalam penelitian ini yang dimanipulasi adalah tekanan air yang akan mengalir dengan cara memutar *selenpoid valve* sesuai dengan variasi tekanan air.

2. Dokumentasi

Dokumentasi merupakan catatan peristiwa yang sudah berlalu. Dokumentasi bisa berbentuk tulisan, gambar, atau karya-karya monumental dari seseorang (Sugiyono, 2010: 82).

Dokumentasi pada penelitian ini lebih pada pengumpulan dokumentasi pendukung data penelitian yang dibutuhkan. Dalam penelitian kualitatif, dokumentasi berguna sebagai pelengkap dari penggunaan teknik pengumpulan data dengan pengambilan gambar dan pencatatan hasil eksperimen.

G. Teknik Analisa Data

Teknik analisa data yang digunakan menggunakan Metode Analisis Deskriptif. Analisis Deskriptif adalah penelitian yang dilakukan untuk mengetahui keberadaan variabel mandiri, baik hanya pada satu variabel atau lebih (variabel yang berdiri sendiri) tanpa membuat perbandingan dan mencari hubungan variabel itu dengan variabel yang lain (Sugiyono, 2009, p. 35). Dari pengertian di atas dapat disimpulkan bahwa metode deskriptif analisis dengan pendekatan kuantitatif merupakan metode yang bertujuan menggambarkan secara sistematis dan faktual tentang fakta-fakta serta hubungan antar variabel yang diselidiki dengan cara mengumpulkan data, mengolah, menganalisis, dan menginterpretasi data dalam pengujian hipotesis statistik ke dalam bentuk:

1. Grafik
2. Tabel
3. Presentasi

Adapun jenis analisa yang menggunakan beberapa alat diatas adalah analisa dengan menggunakan metode analisis deskriptif .

H. Jadwal

Dalam penelitian ini penulis membuat jadwal dalam setiap tahapnya, berikut merupakan jadwal kegiatan penelitian yang akan dilakukan:

Tabel 3.2. Jadwal Kegiatan Penelitian

No	Uraian	Bulan					
		1	2	3	4	5	6
1.	Persiapan	■					
2.	Perancangan Desain	■	■				
3.	Pembuatan alat		■	■			
4.	Pembuatan <i>software</i>		■	■	■		
5.	Pengujian alat				■	■	■
6.	Hasil akhir	■	■	■	■	■	

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

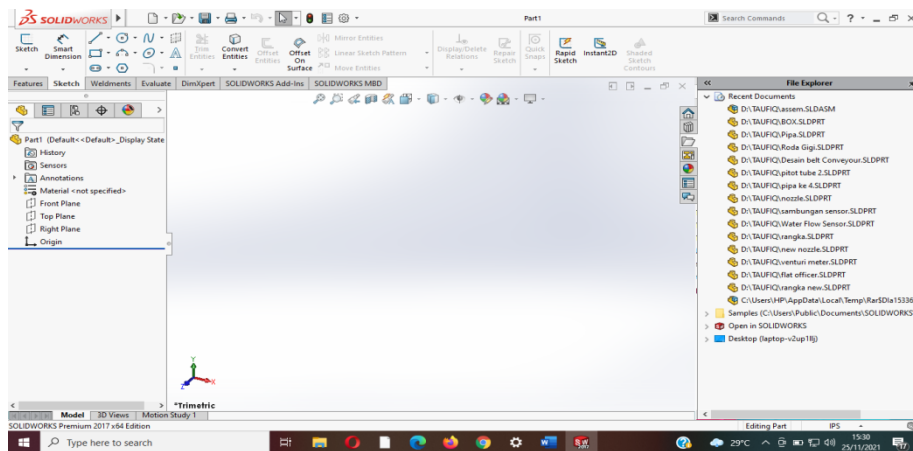
A. Perancangan alat

Pada prinsipnya perancangan alat tekanan aliran air, kerangka alat, sensor, solenoid dan pompa air untuk membentuk sebuah alat tekanan aliran air. Deskripsi data merupakan upaya dari penulis menampilkan data hasil pengujian alat yang kemudian diproses sehingga mendapat hasil. Data yang diambil dari penelitian merupakan data hasil langsung pada saat pengujian alat. Deskripsi data yang dimaksud meliputi:

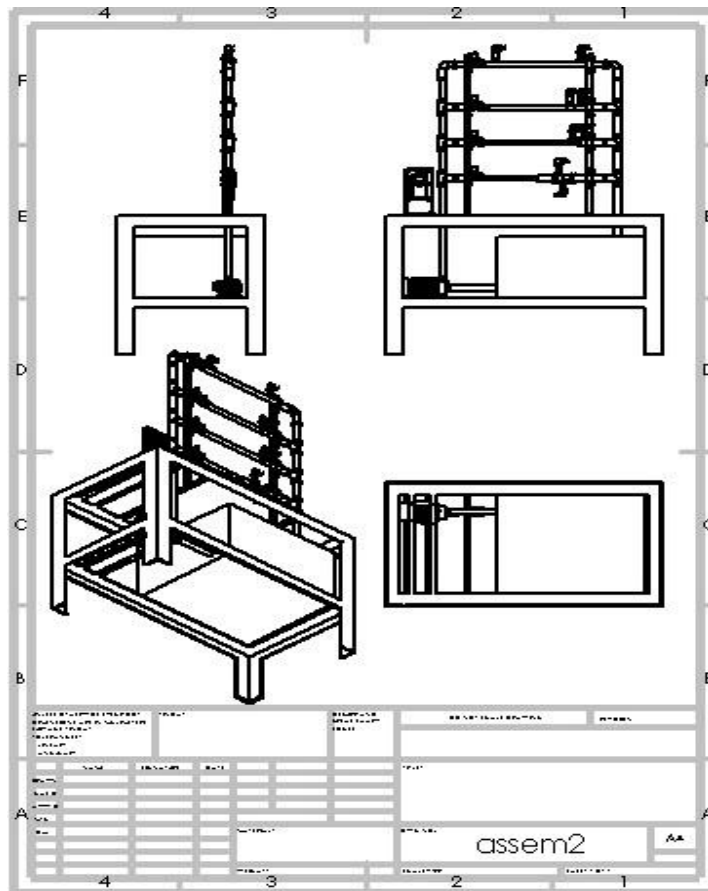
- a. Desain alat
- b. Perancangan alat
- c. Pemrograman
- d. Pengambilan data

1. Desain alat

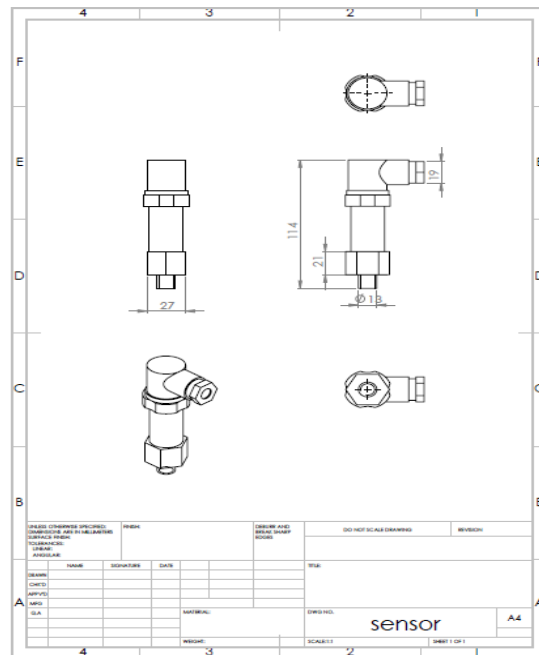
Desain rancangan secara keseluruhan rangkaian alat merupakan gambaran secara utuh tentang alat yang dibuat, dengan demikian pengerjaan alat bisa dilakukan dengan pemahaman dari desain yang telah dirancang menggunakan aplikasi solidwork. Berikut adalah rancangan Alat Peraga Praktikum Uji Tekanan Aliran Air:



Gambar 4.1 Tampilan depan solidwork premium 2017



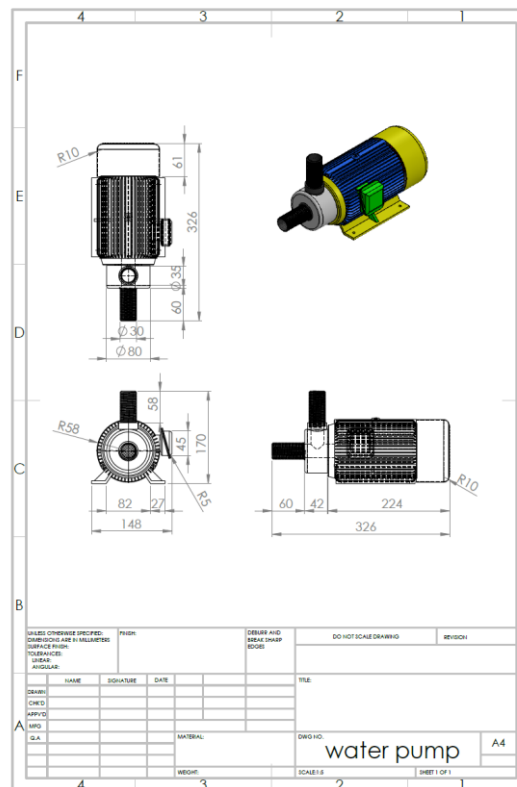
Gambar 4.2 Desain



Gambar 4.3 Pressure Sensor

Tabel 4.1 Spesifikasi Pressure Sensor

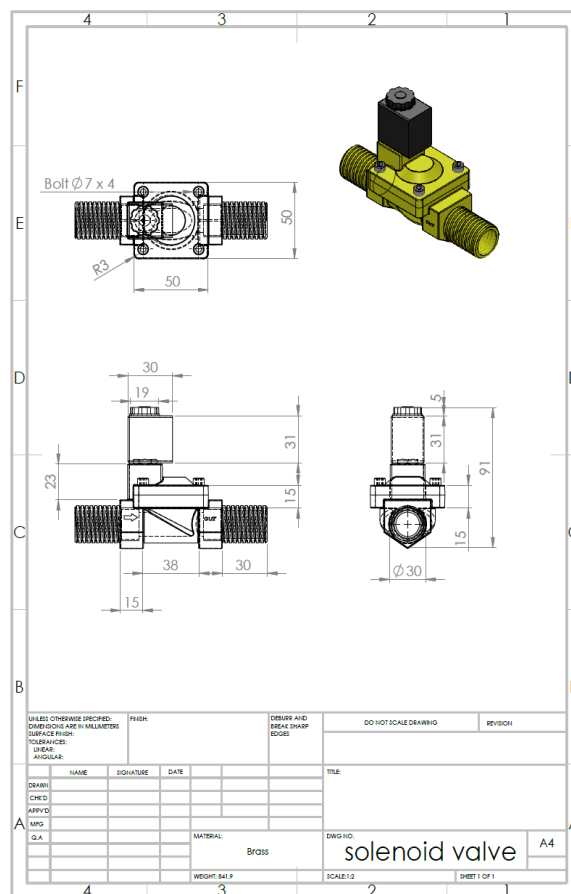
Sensor material	Carbon stell alloy
Kisaran tekanan	0- 1,2 MPa
Tekanan terbesar	2,4 Mpa
Input tegangan	5V DC
Output tegangan	0,5-4,5V DC
Supply current DC	10 Ma
Kisaran suhu	0-100°C
Panjang kabel	19 cm
Kesalahan pengukuran	1,5 % FSO
Waktu merespon	2ms



Gambar 4.4 Water Pump

Tabel 4.2 Spesifikasi Water Pump

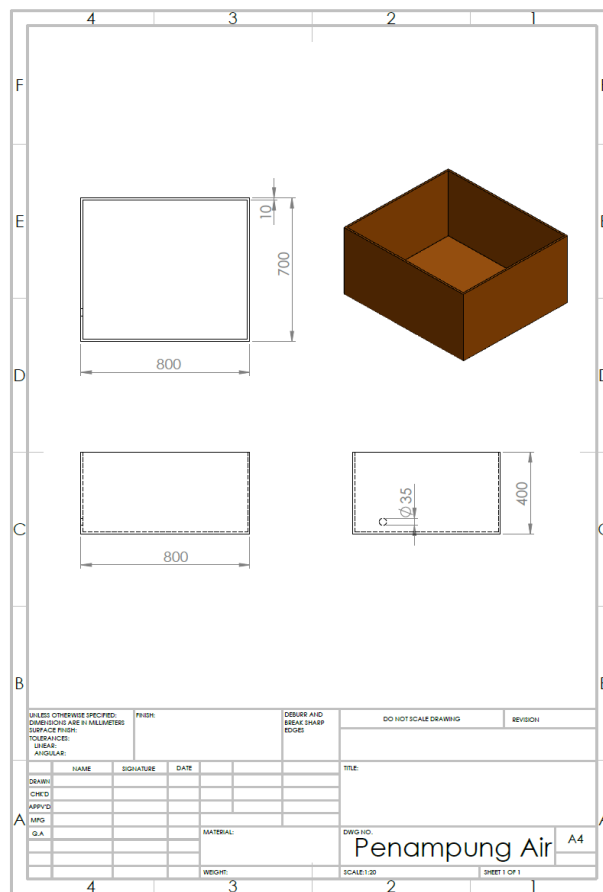
Model	Shimizu
Sumber Daya listrik	250 V DC
Supply current DC	3,9 A
Input tegangan	250 V DC
Daya Pancar Max.	33 M
Daya Hisap Max.	33 M
Kapasitas Max.	30 l/min
Tipe output	<i>PNP (Plug and Play)</i>
Dimensi	47,5 x 22,5 x 21 (cm)
Pipa Hisap	1 inch
Pipa Dorong	1 inch



Gambar 4.5 Solenoid Valve

Tabel 4.3 Spesifikasi Selenoid Valve

Model	<i>Solenoid Valve</i>
Sumber Daya listrik	220 V
Temperatur	5-80° C
Input tegangan	12 V
Output tegangan	2 watt
Pressure Min.	0 kg/cm ²
Pressure Max.	10 kg/cm ²
Tipe output	<i>NC (Normal Close)</i>
Dimensi	125 x 85 x 70 (mm)
Material	Kuningan + Plastik



Gambar 4.6 Penampung Air

Tabel 4.4 Spesifikasi Penampung Air

Material	Plastik
Kapasitas	45 L

2. Perancangan alat

Perancangan komponen yang berupa sensor, Arduino dan LCD 16x2 serta komponen-komponen yang lain dibuat dengan menggunakan aplikasi proteus bertujuan untuk mendapatkan gambar rangkaian dari sistem pengoprasian dari sensor agar dapat lebih mudah dipahami,



Gambar 4.7 Hasil akhir perancangan

Keterangan :

1. Selenoid
2. Box Program Sensor

3. Pompa Air
4. Sensor
5. Penampung Air
6. Pemrograman

Arduino merupakan aplikasi yang digunakan untuk membuat program yang akan diaplikasikan untuk sensor yang dipilih untuk pembuatan alat Aliran air secara otomatis. Berikut merupakan tampilan depan dan pemrograman yang telah dibuat dengan menggunakan aplikasi arduino :



```

pressure-excel_terbaru | Arduino 1.8.7
File Edit Sketch Tools Help

pressure-excel_terbaru

int sensorVal5=analogRead(A5);
//Serial.print("Sensor Value: ");
//Serial.print(sensorVal);

float voltage5 = (sensorVal5*5.0)/1024.0;
// Serial.print("Volts: ");
// Serial.print(voltage5);

float pressure_pascal5 = (3.0*((float)voltage5-0.475))*1000000.0; //calibrate here
float pressure_bar5 = pressure_pascal5/10e5;
float pressure_psi5 = pressure_bar5*14.5038;
Serial.print("Pressure 5= ");
Serial.print(pressure_bar5);
Serial.print(" bars 5");
Serial.print ("psi 5");
Serial.print (pressure_psi5);
Serial.println();

float A = (pressure_psi1);
float B = (pressure_psi2);
float C = (pressure_psi3);
float D = (pressure_psi4);

```

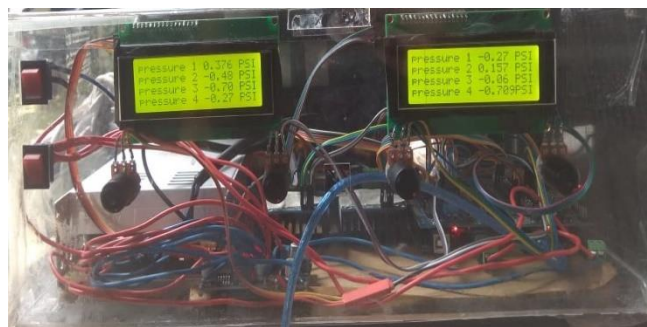
Gambar 4.8 Pemrograman pada Arduino

a. Pengujian alat

Pengujian alat merupakan langkah setelah dilakukannya proses perancangan alat, hal ini dilakukan agar dapat mengetahui cara kerja alat secara keseluruhan. Pengujian dilakukan agar dapat mengetahui kesalahan dalam setiap prosesnya. Adapun metode yang

digunakan pada pengujian alat yaitu *trial and error*.

Trial and error atau coba-coba merupakan metode yang dipilih penulis pada saat pengujian alat. Hal itu dilakukan karena beberapa kali sensor mengalami kendala ketika pengujian, kendala yang ditemui pada saat pengujian yaitu kabel sensor yang terkena air terlalu basah akan eror dan data tidak terbaca ke LCD.



Gambar 4.9 Trial and error sensor

B. Pengambilan data

Pengujian alat tekanan aliran air menggunakan sensor pressure dilakukan dengan melihat proses serta fungsi keseluruhan mulai dari pembacaan sensor tampilan tekanan aliran air yang terhitung. Dibawah ini merupakan tahapan-tahapan pengambilan data, yaitu :

1. Pengecekan kabel

Pada tahap pertama yaitu pengecekan kabel perlu kita pastikan semua kabel terpasang dengan baik sehingga pada saat pengujian tidak terjadi masalah penginputan data pada *LCD*.



Gambar 4.10 Pengecekan kabel

2. Pengecekan Pipa

Pada tahap kedua pengecekan sambungan pipa agar tidak ada kebocoran yang bisa mengakibatkan terjadinya *konsleting* pada panel box.



3. Pengisian air bak penampungan air

Pada tahap ketiga yaitu pengisian air ke bak dengan kapasitas 45 liter menggunakan air bersih agar tidak menjadi kerak pada pipa maupun sensor.



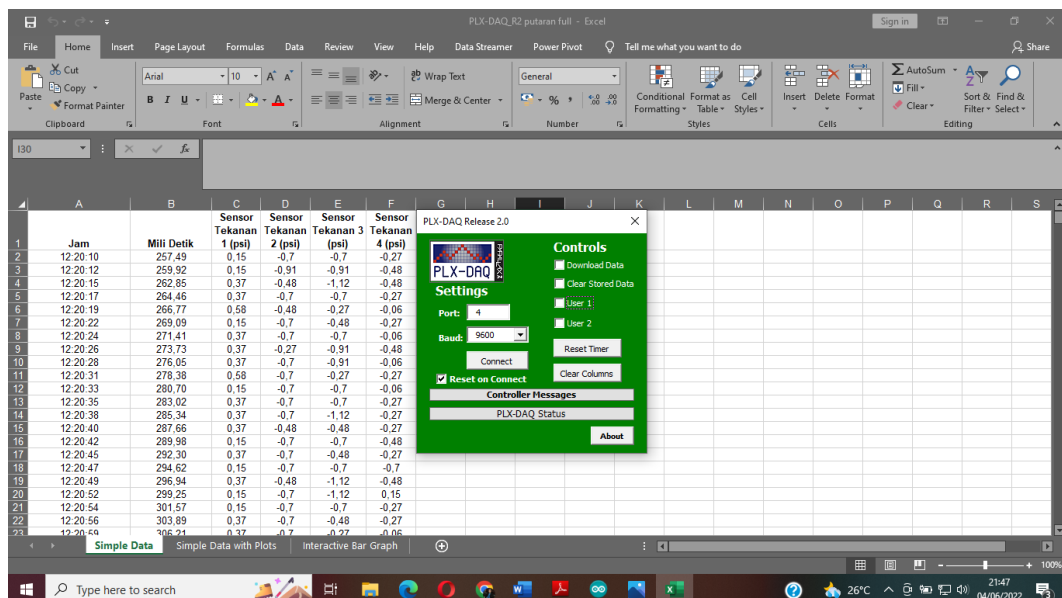
Gambar 4.12 Bak Air

4. Turn on system

Pada tahap keempat yaitu langkah awal proses pengambilan data dengan menyalakan atau menekan tombol on pada panel box dan menyambungkan software ke program panel box.



Gambar 4.13 Panel Box



Gambar 4.14 Pengaplikasian software

5. Trial and error

Pada tahap kelima yaitu pengujian alat untuk mengetahui kesiapan sensor sebelum input atau pengambilan data.

6. Pengambilan data

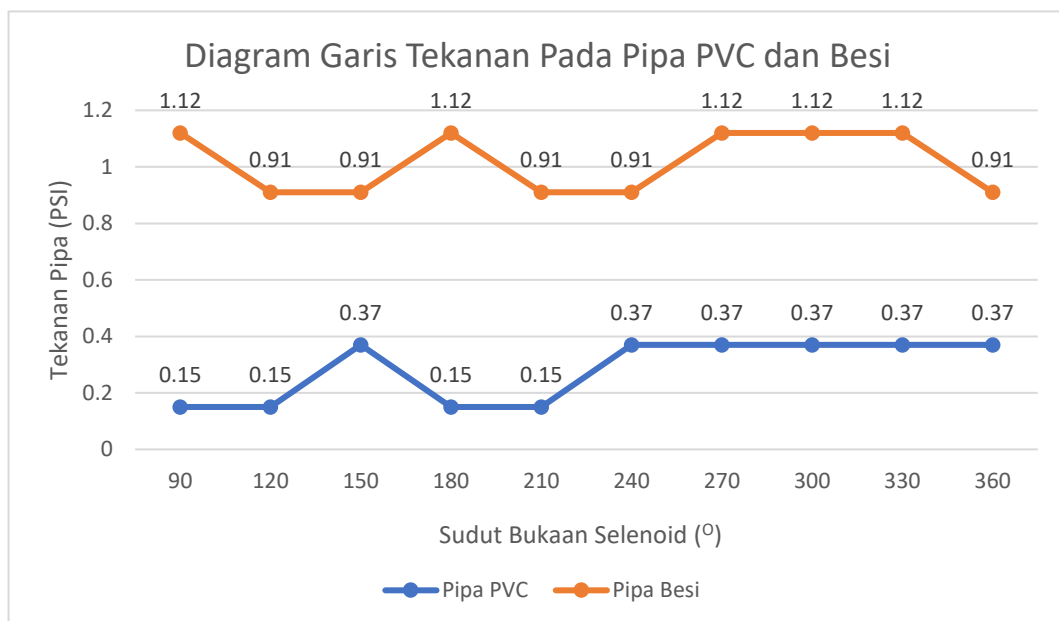
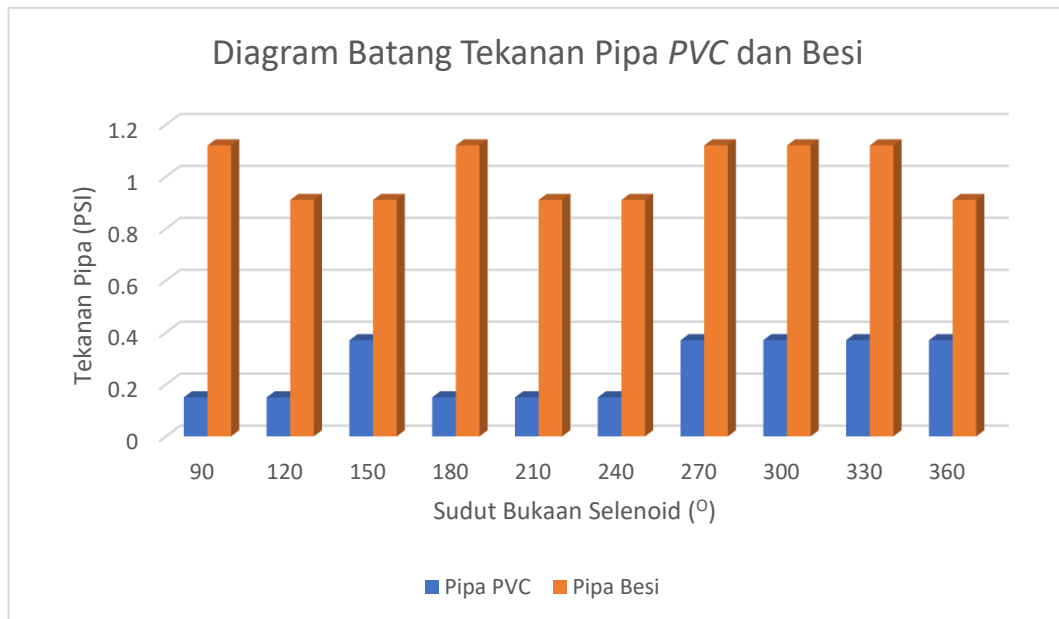
Setelah dilakukan tahapan-tahapan menjalankan sensor pada tahap keenam ini yaitu pengambilan data untuk mengetahui efisiensi sensor *pressure transmitter*. Adapun dibawah ini data yang telah saya peroleh pada saat pengujian alat dengan metode 45 liter air dengan 10 kali percobaan.

Tabel 4.5 Hasil Pengukuran Sensor

Data yang diperoleh dari pengujian alat dapat disajikan dalam bentuk tabel dengan menggunakan sudut solenoid 360°, 330°, 300°, 270°, 240°, 210°, 180°, 150°, 120°, dan 90°. Pengukuran tekanan pada pipa pvc dan besi berdiameter 1 *inch*.

No	Sudut selenoid	Pipa pvc (PSI)	Pipa besi (PSI)
1	90°	0,15	1,12
2	120°	0,15	0,91
3	150°	0,37	0,91
4	180°	0,15	1,12
5	210°	0,15	0,91
6	240°	0,37	0,91
7	270°	0,37	1,12
8	300°	0,37	1,12
9	330°	0,37	1,12
10	360°	0,37	0,91

Gambar 4.15 Diagram batang tekanan pada pipa PVC dan Besi



Gambar 4.16 Diagram garis tekanan pada pipa *PVC* dan Besi

Kerugian tekanan aliran udara dalam saluran disebabkan oleh gesekan antara udara dengan permukaan dalam pipa yang kemudian muncul dalam persamaan Bernoulli;

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{v_1^2}{2} + gh_1 = \frac{P_2}{\rho} + \frac{v_2^2}{2} + gh_2 + \Delta P \quad (4.1)$$

Dimana hukum kontinuitas untuk mencari kecepatan air pada pipa yaitu :

$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$$

$$1 \text{ inch} = 2,54 \text{ cm}$$

Jadi :

$$= 2,54 \cdot 4 = 2,54 \cdot v_2$$

$$v_2 = \frac{10,16}{2} = 5,08 \text{ m/s}$$

$$P_1 = 0,28 \text{ Psi}$$

$$P_2 = 0,79 \text{ Psi}$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 0,28 + 1000 \cdot 2,54 \cdot 0 + 1 \cdot 1000 \cdot 4^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,79 + 1000 \cdot 2,54 \cdot 0 + 1 \cdot 1000 \cdot 5,08^2$$

$$= 2540,28 + 8000 = 2540,79 + 25800$$

$$= 2540,79 + 25800 - 10540,28$$

$$= 28340,79 - 10540,28$$

$$= 17.800,51$$

$$= 17,8 \times 10^3 \text{ Psi}$$

Dengan diperolehnya data kerugian gesekan pada pipa pvc dan besi maka dapat diperoleh persentase kerugiannya dengan merata rata hasil pengambilan data, kemudian menggunakan persamaan yang ada dibawah ini:

$$\frac{P_1 - P_2}{P_1} 100\% \quad (4.2)$$

$$= \frac{0,28 - 0,79}{0,28} 100\%$$

$$= 79\%$$

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Setelah melakukan hasil pengujian alat, maka penulis dapat menyimpulkan:

1. Sensor Pressure cukup baik dalam pengukuran tekanan aliran air, sehingga koefisien kemampuan sensor dalam menghitung tekanan aliran air secara otomatis yang diukur menampilkan pengukuran yang hampir akurat. Menggunakan Mikrokontroler Arduino MEGA pada alat pengukur tekanan aliran air dilakukan karena sudah memiliki sarana komunikasi USB. Dan menggunakan LCD 16x4 dalam alat pengukur tekanan aliran air mempermudah dalam membaca pengukuran tekanan aliran air yang diharapkan, sehingga tidak terjadi kesalahan pembacaan.
2. Penggunaan pipa besi sebagai pembanding antara permukaan kekasaran dari pipa PVC, sehingga data yang dihasilkan akan memiliki variasi berdasarkan permukaan masing-masing pipa. Spesifikasi alat yang dibuat hasil dari pengambilan data yaitu kerugian tekanan pada pipa PVC dan besi ukuran 1 *inch*. Dari data tabel yang diperoleh penulis menyimpulkan bahwa pembacaan oleh sensor bisa dikatakan konstan sedangkan kerugian antara hasil yang diperoleh pada tabel pipa PVC dan besi yaitu $17,8 \times 10^3$ hal itu dikarenakan permukaan dan tingkat kekasaran berbeda pada pipa PVC memiliki tingkat kekasaran 130μ dan besi 100μ , sehingga pipa penggunaan pipa PVC lebih valid berdasarkan kalibrasi tekanan 0 (Psi)

B. Saran

Berdasarkan dari pengkajian hasil penelitian di lapangan maka penulis bermaksud memberikan saran beberapa tambahan yang diperlukan dalam meningkatkan kemampuan alat ini adalah:

1. Dengan beberapa pengembangan aplikasi dan penyempurnaan sistem dari alat ini akan mendapatkan hasil yang lebih baik lagi, Dengan mengganti kabel sensor yang kualitas pembacaan alat semakin akurat lagi dan kemungkinan pengembangan alat bisa saja dilakukan sehingga fungsi dari alat ini bisa lebih berkembang.

2. Penambahan pemahaman tentang perangkat mikrokontroler dan sensor serta studi literature yang lebih untuk menyempurnakan alat yang akan digunakan untuk media pembelajaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Adib Lathiful Huda , Sri Prabandiyani R.W. , Suharyanto (2019) ‘Evaluasi Tekanan Air Pori dan Rembesan Pada Bendungan Panohan’, *Reka Buana : Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia*, 4 (2), 2019, page 102-111
- Ambo Intang , Muhaimin, Riki Darmawan ‘FENOMENA KERUGIAN TEKANAN DALAM SALURAN UDARA BERTEKANAN DIATAS SATU ATMOSFER’, *Jurnal Teknik VOL. 7 NO. 1*, pp. 1-7
- Arif Setyo Nugroho, Martinus Heru Palmiyanto, AEB Nusantoro ‘Analisa Tekanan Air Dengan Methode Pipe Flow Expert Untuk Pipa Berdiameter 1 ”, $\frac{3}{4}$ ” dan $\frac{1}{2}$ ” Di Instalasi Pemipaan Perumahan, *Jurnal Teknika ATW_Edisi 08*, pp. 34-43
- Bruce R,dkk.2003.”Mekanika Fluida Edisi Keempat Jilid 1”, Jakarta : *Erlangga*
- Dimas Farid Arief Putra , Stefanus (2019) ‘Kajian Literatur – Penggunaan Sensor Waterflow pada Proses Pencampuran Cairan dalam Industri’, *ULTIMA Computing, Vol. XI, No. 1*, pp. 20-23
- Fahrudin A’rasy dan iswanto.2016. “Modul Praktikum Fenomena Dasar Mesin”. Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, *Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan Misio. Vol 10*, pp. 1-10
- Irpan Saripudin , Kutut Suryopratomo , Andang Widi Harto (2014) ‘Pengaruh Sudut Peletakan dan Sudut Fase Pada Pipa Bersirip Terhadap Penurunan Tekanan’, *Jurnal Teknofisika, Vol.3 No. 1*, pp. 24-27
- Ismail , Erlanda Augupta Pane , Budhi M Suyitno , Febrian Dwi Yudhanto (2019) ‘Analisis Penurunan Tekanan Aliran Udara Pada Pipa Bertekanan’, *Flywheel: Jurnal Teknik Mesin Untirta Vol. V No. 2, Oktober 2019*, hal. 13 - 20
- Mirmanto (2013), ‘PREDIKSI DAN PENGUKURAN KERUGIAN TEKANAN AIR MENGALIR DI DALAM SALURAN MIKRO SEGI EMPAT’, *Dinamika Teknik Mesin, Volume 3 No. 2*, pp. 75-83
- Ridwan Arif , Ir. Hendik Eko H.S., MT , Drs. Irianto, MT (2009) ‘Rancang Bangun Sistem Pengaturan Tekanan Pompa Air Menggunakan Sistem Kontrol

Logika Fuzzy’, *Tugas Akhir Jurusan Elektro Industri PENS-ITS, Surabaya*

Rijal Rifan Syah (2018) ‘RANCANG BANGUN ALAT DETEKSI KEBOCORAN PIPA DISTRIBUSI AIR BERBASIS SENSOR TEKANAN DAN MIKROKONTROLER’, *TUGAS AKHIR – TE 145561 Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya*

Sarjito, Subroto, Arif Kurniawan (2016) ‘STUDI DISTRIBUSI TEKANAN ALIRAN MELALUI PENGECILAN SALURAN SECARA MENDADAK DENGAN BELOKAN PADA PENAMPANG SEGI EMPAT’, *Media Mesin: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Vol. 17 No. 1 Januari 2016: 8-22*

Sukamta, Indarto, Purnomo, Tri Agung Rohmat (2010) ‘ Identifikasi Pola Aliran Dua Fasa Uap-Kondensat Berdasarkan Pengukuran Beda Tekanan pada Pipa Horisontal’, *JURNAL ILMIAH SEMESTA TEKNIKA Vol. 13, No. 1, 83-94,*

Tabah Priangkoso dan Dwi Ermadi (2022) ‘PERANCANGAN ALAT PRAKTIKUM UJI KERUGIAN TEKANAN ALIRAN AIR DALAM PIPA’, *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Momentum, Vol. 18, No. 1, pp. 5-11*

(www.skemaku.com)

(www.rumah.com)

(www.agfi.staff.ugm.ac.id)

(sumber.circuitdigest.com)

(www.robotics-university.com)

(www.nextsys.web.id)

(www.agfi.staff.ugm.ac.id)


(www.dekoruma.com)

(www.kitomaindonesia.com)

(www.oliswel.com)

LAMPIRAN

Lampiran 1 Usulan Judul


UNIVERSITAS PGRI SEMARANG
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA
 Kampus : Jalan Sidodadi Timur Nomor 24 Semarang – Indonesia 50125
 Telp. (024) 8316377, Faks. (024) 8448217, E-mail : fti@upgrisng.ac.id, Website : http://fti.upgris.ac.id

USULAN JUDUL DAN PEMBIMBING SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

N a m a : Abdu Hirzadin
 N P M : 16650066
 Program Studi : Teknik Mesin

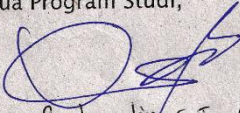
Bermaksud mengajukan judul Skripsi :


Rancang bangun alat praktikum Fenomena dasar mesin aliran fluida dengan perbandingan tekanan pada pipa PVC dan pipa besi menggunakan sensor pressure transmitter

Sedangkan dosen pembimbing yang ditunjuk oleh Ketua Program Studi, adalah sebagai berikut :

Dosen Pembimbing I : Dr. Slamet Supriyadi, M.Eng. ST
 Dosen Pembimbing II : Aan Burhanudin, ST, MT

Demikian, untuk mendapatkan perhatian.

Ketua Program Studi,

Aan Burhanudin, S.T., M.T
 NIP./NPP. 0624068302

Semarang,
 Yang mengajukan,

Abdu Hirzadin
16650066

Lampiran 2 Lembar Bimbingan



**KARTU BIMBINGAN FINAL PROJECT
MAHASISWA UNIVERSITAS PGRI SEMARANG**

NAMA : ABDU HIRZADI
 NPM : 16650066
 FAK/PROGDI : FTI / Teknik Mesin
 DOSEN PEMBIMBING I : Dr. Slamet Supriyadi, M.Env.St.

NO	WAKTU BIMBINGAN	MATERI YANG DIKONSULTASIKAN	TANDA TANGAN PEMBIMBING I
1	Senin 17 / 3 / 2022	Revisi bab 1	
2	Selasa 5 / 4 / 2022	Revisi lembar persetujuan	
3	Senin 23 / 5 / 2022	Revisi bab 4	
4	Selasa 14 / 6 / 2022	Revisi satuan rumus	
5	Rabu 6 / 7 / 2022	Perbaiki grafik	
6	Senin 11 / 7 / 2022	Revisi kesimpulan	
7	Senin 18 / 7 / 2022	Revisi daftar pustaka	
8			
9			
10			



KARTU BIMBINGAN FINAL PROJECT MAHASISWA UNIVERSITAS PGRI SEMARANG

NAMA : ABDU HIRZADIN
 NPM : 16650066
 FAK/PROGDI : FTI / TEKNIK MESIN
 DOSEN PEMBIMBING II : Aan Burhanudin, S.T., M.T

NO	WAKTU BIMBINGAN	MATERI YANG DIKONSULTASIKAN	TANDA TANGAN PEMBIMBING II
1	Rabu 12 / 1 / 2022	Pengajuan judul Stripsi	
2	Senin 21 / 2 / 2022	Revisi bab 1	
3	Rabu 16 / 3 / 2022	Bimbingan penggunaan sensor	
4	Senin 9 / 5 / 2022	Revisi bab 3	
5	Selasa 17 / 5 / 2022	Revisi rumus	
6	Jumat 27 / 5 / 2022	Revisi pembahasan data	
7	Rabu 15 / 6 / 2022	Bimbingan bab 1 dan 2	
8	Senin 20 / 6 / 2022	Revisi bab 2	
9	Rabu 22 / 6 / 2022	Revisi bab 4	
10	Senin 27 / 6 / 2022	Revisi daftar isi	
11	Senin 4 / 7 / 2022	Revisi kesimpulan	
12	Senin 18 / 7 / 2022	bimbingan dan disetujui Stripsi	

Lampiran 3 revisian



UNIVERSITAS PGRI SEMARANG
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA

Kampus : Jalan Sidodadi Timur Nomor 24 Semarang – Indonesia 50125

Telp. (024) 8316377, Faks. (024) 8448217, E-mail : fti@upgris.ac.id, Homepage : <http://fti.upgris.ac.id>

LEMBAR REVISI UJIAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : Abdu Hirzadin
NPM : 16650066
Judul : Rancang bangun alat praktikum fenomena dasar mesin aliran fluida dengan perbandingan tekanan pada pipa PVC dan pipa besi menggunakan sensor pressure transmitter

No	Uraian Revisi	Keterangan
①	Daftar lampiran direvisi	
②	Prakata Pembily I . P. Slamet Dele P. An sly . Pembily 2 Kapro	
3.	Tampala software Arduino kurang jelas	
4.	Rumus : diberi nomor ditulis ber sumbernya → texbook	hal 40
5.	Daftar pustaka : 1. texbook 2. journal 3. internet	

Penguji I,

[Signature]
I. Suteli, M.I

NPP/NIP. 155010507

*) Revisi Maksimal 7 Hari Setelah Pelaksanaan Ujian Skripsi



UNIVERSITAS PGRI SEMARANG
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA

Kampus : Jalan Sidodadi Timur Nomor 24 Semarang – Indonesia 50125
Telp. (024) 8316377, Faks. (024) 8448217, E-mail : fti@upgris.ac.id, Homepage : <http://fti.upgris.ac.id>

LEMBAR REVISI UJIAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : Abdu Hirzadin
NPM : 16650066
Judul : Rancang bangun alat praktikum fenomena dasar mesin aliran fluida dengan perbandingan tekanan pada pipa PVC dan pipa besi menggunakan sensor pressure transmitter

No	Uraian Revisi	Keterangan
1.	Betulkan yg diliput t	
2.	36 Kergi ?	
3.	Persamaan Bernoulli ✓	
4.	Cele satuanya ? ✓	
5.	Daftar lajurin ✓ & lajurwaya ?	

Penguji 2 ,

Drs. Carsoni, ST., MT
NIP : 195712061983031002

9

*) Revisi Maksimal 7 Hari Setelah Pelaksanaan Ujian Skripsi



UNIVERSITAS PGRI SEMARANG
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA


Kampus : Jalan Sidodadi Timur Nomor 24 Semarang – Indonesia 50125
Telp. (024) 8316377, Faks. (024) 8448217, E-mail : fti@upgris.ac.id, Homepage : <http://fti.upgris.ac.id>

LEMBAR REVISI UJIAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : Abdu Hirzadin
NPM : 16650066
Judul : Rancang bangun alat praktikum fenomena dasar mesin aliran fluida dengan perbandingan tekanan pada pipa PVC dan pipa besi menggunakan sensor pressure transmitter

No	Uraian Revisi	Keterangan
1.	Rumusan masalah no 3 ditambahkan.	
2.	Cantolan jurnal diperbaiki	
3.	Referensi: pyp pvc → PVC PSI ⇒ Psi lse 68 dll.	
4.	perlu ditambahkan spesifikasi dari alat tes.	
5.	kebinyaan di kurangi	
6.	Daftar pustaka perlu lengkap : nama, tahun, judul, publikasi di mana,	

Penguji 3


Dr. Slamet Supriyadi, M. Env. St.
NIP : 195912281986031003

*) Revisi Maksimal 7 Hari Setelah Pelaksanaan Ujian Skripsi

Lampiran 4

GAMBAR KERJA