

**PERANCANGAN SISTEM PENGATURAN TEKANAN PADA
SHUTDOWN VALVE UNTUK ANTISIPASI KEBAKARAN
BERBASIS *PNEUMATIC* MENGGUNAKAN
MIKROKONTROLER ATMEGA 328**

SKRIPSI

**Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**



Disusun oleh :

**AULIA WIENDYKA YUDHA
NIM. 105060307111019 - 63**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
MALANG
2015**

LEMBAR PERSETUJUAN

**PERANCANGAN SISTEM PENGATURAN TEKANAN PADA
SHUTDOWN VALVE UNTUK ANTISIPASI KEBAKARAN
BERBASIS PNEUMATIC MENGGUNAKAN
MIKROKONTROLER ATMEGA 328**

SKRIPSI

**Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**



Disusun oleh:

**AULIA WIENDYKA YUDHA
NIM. 105060307111019 - 63**

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

**Ir. Retnowati, MT.
NIP. 19511224 198203 2 001**

**Rahmadwati, ST, MT, Ph.D
NIP. 19771102 200604 2 003**



LEMBAR PENGESAHAN

**PERANCANGAN SISTEM PENGATURAN TEKANAN PADA
SHUTDOWN VALVE UNTUK ANTISIPASI KEBAKARAN
BERBASIS PNEUMATIC MENGGUNAKAN
MIKROKONTROLER ATMEGA 328**

SKRIPSI

Disusun oleh:

AULIA WIENDYKA YUDHA
105060307111019 - 63

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
tanggal 22 Januari 2015

MAJELIS PENGUJI

Ir. Moch. Rusli, Dipl.-Ing
NIP. 19630104 198701 1 001

Ir. Purwanto, MT.
NIP. 19540424 198601 1 001

Dr. Ir. Erni Yudaningtyas, MT.
NIP. 19650913 199002 2 001

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Elektro

M. Aziz Muslim, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19741203 200012 1 001

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji hanya bagi Allâh Subhanahu Wa Taâla, Rabb alam semesta. Dialah Allâh, Tuhan Yang Maha Satu, Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Dialah Sebaik baik Penolong dan Sebaik baik Pelindung. Shalawat dan salâm kepada Nabi Muhammad Rasulullâh Shallallâhu Alaihi Wa Salâm, Sang pembawa kabar gembira dan sebaik baik suri tauladan bagi yang mengharap Rahmat dan Hidayah-Nya.

Sungguh hanya melalui Pertolongan dan Perlindungan Allâh SWT semata sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Dengan seizin Allâh SWT, di kesempatan yang baik ini saya ingin menghaturkan rasa terima kasih dan penghargaan yang sebesar besarnya atas bantuan sehingga terselesainya skripsi ini kepada:

- Keluarga besar tercinta, kedua orang tua Mahmudi Edy Effendi dan Dwi Ratri Karnanti yang selalu memberikan kasih sayang dan doanya yang tiada akhir. Om Baskoro dan Mami Tatiek, serta kakakku tercinta Edithya Mutiara Sari dan Wiema Aulia Karnoffan yang selalu memberikan dukungan.
- Bapak M. Aziz Muslim, ST., MT., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
- Ibu Ir. Retnowati, MT. sebagai dosen pembimbing atas segala kesempatan, nasehat, pengarahan, motivasi, saran dan masukan yang telah diberikan hingga selesainya skripsi ini.
- Ibu Rahmadwati, ST., MT., Ph.D selaku dosen pembimbing atas segala kesempatan yang telah mengarahkan, memberikan masukan, nasehat, motivasi dan saran hingga selesainya skripsi ini.
- Bapak Hadi Suyono, ST., MT., Ph.D selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
- Bapak Ali Mustofa, ST., MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Brawijaya
- Bapak Ir. Purwanto, MT. selaku KKDK Teknik Kontrol yang memberikan pengarahan, bimbingan, dan motivasinya.

- Ibu Dr. Erni Yudaningtyas, ST., MT. selaku Ka. Lab Sistem Kontrol sekaligus dosen pembimbing akademik yang telah membimbing dan mengizinkan menggunakan Laboratorium Sistem Kontrol untuk mengerjakan skripsi.
- Keluarga di Malang Pakde Akung, Pakde Moch, Om Uuk, Dek Rika, Dek Rizka, Mbak Dida yang selalu membantu saya selama di Malang.
- Teman – teman bersama Hakiki, Faisol, Amer, Lutfi, Cupang, Yudi, Zenma, Firas, Ayu, Rara, Putri, Rena, Nadia.
- Teman - teman tim teknis, Mas Anas, Faisol, Lutfi, Basori, Dayat, Batman, Hamu, Dito, yang telah memberikan pengetahuan, ilmu dan kemampuannya untuk membantu kelancaran penulis.
- Teman-teman JSC (Jabodetabek Student Community) Cupang, Jamet, Prima, Paul, Beye, Santos, Apis dan masih banyak lagi yang telah bermain bersama.
- Keluarga besar angkatan 2010 “MAGNET” atas do'a, semangat, serta dukungan yang diberikan pada penulis.
- Keluarga Laboratorium Sistem Kontrol Teknik Elektro Universitas Brawijaya, Mbak Eka, Dina, Ayu, Hamu, Garneta, Sendok, Ade, Dito, Hakiki, Khairul, Azri, Rozi, Emon, Samid, Tesu, Andri, Dennis terima kasih telah memberikan banyak bantuan.
- Teman - teman Divisi Mikrokontroler, dan seluruh anggota WS terima kasih telah memberi berbagai pengalaman dan pengetahuan.
- Teman - teman tim robot KRI, KRPAI, dan KRSI yang telah membantu dalam peminjaman alat serta sarana dan prasarana.
- Semua pihak yang telah memberikan bantuan serta dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung atas penyusunan skripsi ini.

Sekiranya Allâh SWT mencatat amalan ikhlas kami dan semua pihak yang turut membantu sehingga skripsi ini terselesaikan. Akhirnya, kami menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna namun semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua. Allâhumma Amîn.

Malang, 8 Januari 2015

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xii
ABSTRAK	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan	4
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 <i>Shutdown Valve</i>	6
2.2 Arduino Uno.....	8
2.2.1 Daya	9
2.2.2 Memori.....	9
2.2.3 <i>Input dan Output</i>	9
2.2.4 Komunikasi	10
2.3 Sistem Pneumatik.....	11
2.3.1 Kompresor.....	12
2.3.2 Silinder Kerja Ganda	13
2.3.3 <i>Tubing, Fitting, dan Air Coupler</i>	14
2.3.4 <i>Buffer Accumulator</i>	15
2.3.5 <i>Air-Filter Regulator</i>	15
2.4 <i>Electro-Pneumatic Regulator</i> ITV3051-013B.....	16
2.5 Sensor Asap.....	17
2.6 Sensor <i>Limit Switch</i>	18
2.7 <i>V/I Converter</i> ISO-U1-P3-01.....	18
2.8 <i>Liquid Crystal Display</i>	19

2.9	<i>Digital Analog Converter</i> PCF8591P	19
2.10	Relay	20
2.11	<i>3/2 Way Solenoid Valve</i>	20
2.12	Kontroler On-Off	21
BAB III METODE PENELITIAN		22
3.1	Perancangan Sistem	22
3.2	Realisasi Pembuatan Sistem	22
3.3	Pengujian dan Analisis Data	23
3.4	Pengambilan Kesimpulan dan Saran	24
BAB IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT		25
4.1	Perancangan Sistem	25
4.2	Blok Diagram Sistem	25
4.3	Prinsip Kerja Sistem	26
4.4	Perancangan Perangkat Keras	27
4.4.1	Spesifikasi Alat	28
4.4.2	Sensor Asap	29
4.4.3	Kompresor <i>Hydrovane</i>	30
4.4.4	<i>Buffer Accumulator</i>	30
4.4.5	<i>Air Filter</i>	30
4.4.6	<i>Electro-Pneumatic Regulator</i> ITV3051-013B	31
4.4.7	<i>Shutdown Valve</i>	32
4.4.8	<i>V/I Converter</i> ISO U1-P3-O1	33
4.4.9	<i>Digital Analog Converter (DAC)</i> PCF 8591P	33
4.4.10	<i>Liquid Crystal Display (LCD)</i>	35
4.4.11	Sensor <i>Limit Switch</i>	36
4.4.12	Relay	37
4.4.13	<i>3/2 Way Solenoid Valve</i>	38
4.5	Modul Arduino ATmega 328	38
4.6	Perancangan Kontroler	40
4.7	Perancangan Perangkat Lunak	42
BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS		43
5.1	Pengujian Sensor Asap	43
5.1.1	Peralatan Pengujian	43
5.1.2	Prosedur Pengujian	44

5.1.3 Hasil Pengujian	44
5.2 Pengujian <i>Liquid Crystal Display</i>	45
5.2.1 Peralatan Pengujian	45
5.2.2 Prosedur Pengujian	45
5.2.3 Hasil Pengujian	45
5.3 Pengujian Sensor <i>Limit Switch</i>	46
5.3.1 Peralatan Pengujian	46
5.3.2 Prosedur Pengujian	46
5.3.3 Hasil Pengujian	47
5.4 Pengujian Relay	47
5.4.1 Peralatan Pengujian	47
5.4.2 Prosedur Pengujian	48
5.4.3 Hasil Pengujian	48
5.5 Pengujian <i>Digital Analog Converter PCF8591P</i>	49
5.5.1 Peralatan Pengujian	49
5.5.2 Prosedur Pengujian	49
5.5.3 Hasil Pengujian	49
5.6 Pengujian <i>V/I Converter</i>	51
5.6.1 Peralatan Pengujian	51
5.6.2 Prosedur Pengujian	51
5.6.3 Hasil Pengujian	52
5.7 Pengujian <i>Electro-Pneumatic Regulator</i>	53
5.7.1 Peralatan Pengujian	53
5.7.2 Prosedur Pengujian	53
5.7.3 Hasil Pengujian	54
5.8 Pengujian Sistem Keseluruhan	55
5.8.1 Peralatan Pengujian	55
5.8.2 Prosedur Pengujian	56
5.8.3 Hasil Pengujian	57
BAB VI PENUTUP	68
6.1 Kesimpulan	68
6.2 Saran	68
DAFTAR PUSTAKA	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1a Desain Asli Pabrik Komponen <i>Shutdown Valve</i>	7
Gambar 2.1b Desain Asli Pabrik <i>Shutdown Valve</i> Tampak Depan	8
Gambar 2.2 Arduino Uno Tampak Atas.....	9
Gambar 2.3 Diagram Alir Mata Rantai Kontrol dan Elemen-Elemennya	12
Gambar 2.4 <i>Rotary Vane Compressor</i>	12
Gambar 2.5 Silinder Pneumatik <i>Double Acting</i>	13
Gambar 2.6 <i>Tubing Pneumatic</i>	14
Gambar 2.7 <i>Fitting Pneumatic</i>	14
Gambar 2.8 <i>Air Coupler</i>	15
Gambar 2.9 <i>Air-Filter Regulator</i>	16
Gambar 2.10 Skematik ITV3051-013B.....	16
Gambar 2.11 Rangkaian Kabel ITV3051-013B.....	17
Gambar 2.12 Modul Sensor Asap.....	18
Gambar 2.13 Sensor <i>Limit Switch</i>	18
Gambar 2.14 IC ISO-U1-P3-01	19
Gambar 2.15 <i>Liquid Crystal Display</i>	19
Gambar 2.16 <i>Inter Integrated Circuit</i> PCF8591P.....	19
Gambar 2.17 Relay	20
Gambar 2.18 3/2 <i>Way Solenoid Valve</i>	20
Gambar 2.19 Kontroler On-Off.....	21
Gambar 4.1 Diagram Blok Sistem	25
Gambar 4.2 Skema Perancangan Sistem	29
Gambar 4.3 Rangkaian Modul Sensor MQ-2	29
Gambar 4.4 Peletakkan Posisi Sensor MQ-2.....	29
Gambar 4.5 <i>Buffer Accumulator</i>	30
Gambar 4.6 Rangkaian <i>Wiring</i> ITV3051-013B.....	31
Gambar 4.7 <i>Electro-Pneumatic Regulator</i> ITV3051-013B.....	31
Gambar 4.8 Model Miniatur <i>Shutdown Valve</i>	32
Gambar 4.9 Dimensi <i>Shutdown Valve</i>	33
Gambar 4.10 Rangkaian <i>Wiring</i> ISO U1-P3-01.....	33

Gambar 4.11 IC PCF8591P.....	34
Gambar 4.12 Rangkaian PCF 8591P.....	34
Gambar 4.13 Program DAC PCF8591P.....	35
Gambar 4.14 LCD ke Arduino Uno.....	36
Gambar 4.15 Rangkaian <i>Wiring</i> LCD ke Arduino Uno.....	36
Gambar 4.16 Pengkabelan Sensor <i>Limit Switch</i>	37
Gambar 4.17 Konstruksi Sensor <i>Limit Switch</i>	37
Gambar 4.18 Pengkabelan Relay.....	37
Gambar 4.19 Rangkaian Relay.....	38
Gambar 4.20 3/2 <i>Way Solenoid Valve</i>	38
Gambar 4.21 Konfigurasi Kaki Pin Arduino.....	39
Gambar 4.22 Modul Arduino Uno.....	39
Gambar 4.23 Blok Diagram Sistem Kontrol.....	40
Gambar 4.24 Diagram Alir Kontroler.....	41
Gambar 4.25 Diagram Alir Sistem.....	42
Gambar 5.1 Rangkaian Pengujian Sensor Asap MQ2.....	44
Gambar 5.2 Grafik Hubungan PPM dan Tegangan.....	44
Gambar 5.3 Rangkaian LCD.....	45
Gambar 5.4 Hasil Pengujian LCD.....	45
Gambar 5.5 Program LCD.....	46
Gambar 5.6 Konstruksi <i>Limit Switch</i>	46
Gambar 5.7 Program <i>Limit Switch</i>	47
Gambar 5.8 Perancangan Relay.....	48
Gambar 5.9 Program Relay.....	48
Gambar 5.10 Rangkaian PCF Menggunakan Arduino.....	49
Gambar 5.11 Program PCF 8591P.....	50
Gambar 5.12 Grafik Hubungan PWM dan Tegangan.....	51
Gambar 5.13 Grafik Hubungan Tegangan dan Arus.....	53
Gambar 5.14 Program PCF 8591P.....	54
Gambar 5.15 Grafik Hubungan Tekanan dan Arus.....	55
Gambra 5.16 Rancangan Rangkaian Pengujian Keseluruhan Sistem.....	56
Gambar 5.17 Blok Diagram Pengujian Sistem.....	57
Gambar 5.18 Grafik PWM Terhadap Waktu.....	60
Gambar 5.19 Grafik Nilai ADC Terhadap Waktu.....	60

Gambar 5.20 Grafik PWM Terhadap Waktu $10\text{m}^3/\text{menit}$ 63
Gambar 5.21 Grafik Nilai ADC Terhadap Waktu $10\text{m}^3/\text{menit}$ 63
Gambar 5.22 Grafik PWM Terhadap Waktu $17\text{m}^3/\text{menit}$ 66
Gambar 5.23 Grafik ADC Terhadap Waktu $17\text{m}^3/\text{menit}$ 66



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Fungsi Pin Arduino Uno.....	40
Tabel 4.2 Hasil Percobaan <i>Handtuning</i>	41
Tabel 5.1 Hasil Pengujian Sensor Asap MQ2.....	44
Tabel 5.2 Hasil Pengujian Relay	48
Tabel 5.3 Hasil Pengujian DAC PCF 8591P.....	50
Tabel 5.4 Hasil Pengujian V/I <i>Converter</i>	52
Tabel 5.5 Hasil Pengujian <i>Electro-Pneumatic Regulator</i>	54
Tabel 5.6 Data Pengujian Kontroler Tanpa <i>Disturbance</i>	57
Tabel 5.7 Data Pengujian Kontroler Dengan <i>Disturbance</i> 10m ³ /menit	61
Tabel 5.8 Data Pengujian Kontroler Dengan <i>Disturbance</i> 17m ³ /menit	64



ABSTRAK

Aulia Wiendyka Yudha, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Januari 2015, Perancangan Sistem Pengaturan Tekanan Pada *Shutdown Valve* Untuk Antisipasi Kebakaran Berbasis *Pneumatic* Menggunakan Mikrokontroler ATmega 328, Dosen Pembimbing: Ir. Retnowati., MT., Rahmadwati., ST., MT., Ph.D.

Perkembangan laju dalam bidang instrumentasi dan kontrol industri yang sangat cepat menuntut perusahaan manufaktur untuk meningkatkan kualitas agar mampu bersaing di era globalisasi ini. Salah satu produknya adalah *shutdown valve*. *Shutdown valve* adalah *valve* yang dirancang dan digerakkan untuk menghentikan aliran fluida hidrokarbon ataupun gas yang mendeteksi adanya peristiwa berbahaya. *Shutdown valve* memiliki referensi standar internasional dalam hal kebocoran (*leakage*). Pada kajian skripsi ini dilakukan suatu penanganan khusus yaitu dengan cara mendeteksi adanya potensi kebakaran kemudian secara otomatis kontroler akan *on* dan *valve* akan melakukan proses menutup selama 6 detik (CNOOC, 2012) melalui pengaturan tekanannya dan menguji kebocoran *valve* yang tertutup berbasis *pneumatic* menggunakan arduino ATmega 328. *Pneumatic* dipilih sebagai aktuator karena memiliki reliabilitas yang tinggi dan lebih aman karena tidak mudah terbakar. Kontroler *on-off* merupakan kontroler yang sederhana dan efektif dalam pengaplikasiannya di pabrik-pabrik karena memiliki *logic* yang lebih mudah. Skripsi ini menggunakan metode *handtuning* untuk menentukan parameter nilai tekanan yang diharapkan.

Berdasarkan hasil percobaan didapatkan nilai PWM yang tepat untuk mendekati waktu yang diinginkan adalah 50 kemudian dikonversi menjadi nilai besaran tekanan. Pengujian dilakukan dengan 3 macam cara yaitu tanpa *disturbance*, debit air 10m³/menit, dan debit air 17m³/menit serta memiliki nilai *error* sebesar 1.66, 8.33, 11.66%.

Kata kunci: *Shutdown Valve*, *Pneumatic*, Kontroler *on-off*, Metode *Handtuning*.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT.PUCO adalah manufaktur dalam negeri yang bergerak dibidang instrumentasi dan kontrol industri (*Industrial Field Instrumentation and Control Systems*). PT. PUCO didirikan pada bulan Juni tahun 2002 dan mempunyai beberapa kantor perwakilan di luar negeri yaitu di Singapura dan Malaysia. PT. ini telah memiliki sertifikat yang telah disahkan UU No. 6 Tahun 1983 Pasal 2 ayat 2 dan UU No. 3 Tahun 1982 serta mendapatkan pengesahan ISO-9001-2008 dan saat ini sedang dalam tahap sertifikasi desain produk *API 6D Monogram*. PT.PUCO memproduksi produk-produk instrumentasi dan kontrol dengan hak paten merek *BAP Controls* yang dikeluarkan oleh Departemen Hukum dan Hak Asasi Manusia adalah sebagai berikut.

- *Control Valve*
- *Shutdown Valve*
- *Blowdown Valve*
- *Motorize Operated Valve*
- *Pressure Regulator*
- *Orifice Plate & Fitting*
- *Flanges*
- *Pressure Switch*
- *Transmitter*
- *Control Panel*

Produk-produk PT.PUCO di atas telah mendapatkan sertifikasi TKDN (Tingkat Komponen Dalam Negeri) dari Departemen Perindustrian Republik Indonesia dengan nomor pengesahan 499/SJ-IND.7/TKDN/V/2013. Dan juga produk-produk PT.PUCO tersebut di atas telah terdaftar di dalam buku APDN (Apresiasi Produsen Dalam Negeri) dari Direktorat Jenderal Minyak dan Gas (Dirjen Migas).

Salah satu produk dari PT. PUCO adalah *Shutdown Valve*. *Shutdown valve* adalah *valve* yang dirancang dan digerakkan untuk menghentikan aliran fluida

hidrokarbon ataupun gas yang mendeteksi peristiwa/kejadian berbahaya. Hal ini memberikan perlindungan terhadap kemungkinan yang dapat membahayakan orang, peralatan atau lingkungan (Wikipedia). *Shutdown valve* sangat erat hubungannya dengan industri perminyakan meskipun industri lain juga memungkinkan menggunakan jenis sistem perlindungan ini. *Shutdown valve* diwajibkan oleh hukum internasional pada setiap peralatan yang ditempatkan untuk melakukan pengeboran agar mencegah peristiwa bencana seperti ledakan BP (*British Petroleum*) Horizon di Teluk Meksiko pada tahun 2010. Penyebab terjadinya ledakan bisa dikarenakan adanya kebocoran. Kebocoran di *valve* pada umumnya terletak pada bagian dudukan (*seated*). Dudukan (*seated*) adalah salah satu komponen penting dari *valve* yang berfungsi sebagai pengaman. *Bubble Tight* atau MAL (*Maximum Allowable Leakage*) merupakan sebuah istilah umum yang digunakan untuk menggambarkan kemampuan *shut off* dari *control valve* atau *regulator valve* terhadap setiap tekanan pada cairan apapun. Namun dalam kenyataannya, keadaan *valve shut off* 100 % tidak akan benar-benar terjadi. Atas dasar tersebut maka dikeluarkan standar kebocoran *control valve* yang dijelaskan pada ANSI B16.104 dan FCI 70-2-1976 (American National Standard for Control Valve Seat Leakage). Standar ini menggunakan 6 klasifikasi yang berbeda untuk menggambarkan kemampuan kebocoran dudukan *valve*. Yang paling ketat ini adalah Kelas VI dan yang paling rendah adalah Kelas I. Penentuan kelasnya sesuai dengan kesepakatan antara *supplier* dengan *user*nya (ANSI/FCI 70-2). Apabila kebocoran telah melebihi jumlah maksimum maka akan dilakukan kalibrasi kembali sampai tidak terjadi kebocoran fluida. Dalam proses tutup/buka *valve* diperlukan waktu yang berkisar antara 3-12 detik (API 6D) sesuai dengan diameter dan permintaan *user*. Pada kenyataannya manufaktur *shutdown valve* untuk mematikan sistem produksi masih manual yaitu dengan menarik tombol dan akan bekerja secara tekanan angin (pnematik). Aliran pada *valve* ini berupa *crude oil*, adalah campuran kompleks yang terdiri dari berbagai senyawa kimia hidrokarbon (Wikipedia). Salah satu sifat dari minyak dan gas adalah mudah terbakar. Jadi apabila sedikit saja terjadi kebocoran maka dapat menimbulkan ledakan.

Dari uraian di atas dapat diketahui bahwa *shutdown valve* sangat diperlukan demi keselamatan. Untuk itu, berdasarkan masalah tersebut perlu dilakukan suatu penanganan khusus untuk menanggulangi masalah tersebut yaitu dengan cara mengotomatiskan sistem ketika terdapat potensi kebakaran kemudian *valve* akan melakukan proses menutup selama 6 sekon (CNOOC,2012) melalui pengaturan tekanannya dan menguji kebocoran *valve* yang tertutup.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam skripsi ini adalah:

1. Bagaimana cara merancang model miniatur sistem *Shutdown Valve* yang melakukan proses menutup dalam waktu 6 sekon untuk menghentikan aliran fluida sehingga bahaya yang terjadi dapat dicegah ?
2. Bagaimana cara untuk mengetahui apabila *valve* telah tertutup dengan rapat ?

1.3 Batasan Masalah

Untuk menjaga agar tidak melebarnya masalah yang dibahas dalam pembuatan miniatur ini, maka penulis membatasi permasalahan yang dibahas, yaitu:

1. Sistem ini merupakan model miniatur *Shutdown Valve* dengan desain sendiri.
2. Menggunakan Arduino Uno sebagai pusat pengendali sistem.
3. Pengujian *valve* menggunakan diameter 2,54cm dengan banyaknya debit air yang mengalir maksimal $17\text{m}^3/\text{menit}$.
4. Pengaturan yang dilakukan adalah pengaturan tekanan udara yang mengalir ke *shutdown valve*.
5. Rangkaian sensor yang digunakan adalah sensor asap MQ2 yang dapat mendeteksi kadar gas/asap dengan maksimal kadarnya 10000ppm (*partpermillion*) dan sensor *limit switch* sebagai indikator *valve*.
6. Penentuan letak sensor akan disesuaikan dengan pola aliran fluida

7. Pembahasan secara singkat mengenai *shutdown valve* bekerja, untuk teori umum, mekanisme, dan perangkat elektroniknya tidak dijelaskan dengan detail.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari pembuatan alat ini adalah sebagai berikut.

1. Membuat model miniatur sistem *shutdown valve* bekerja secara otomatis menggunakan kontroler *on-off*.
2. Sebagai sistem pengaman *flow* pada pipa *shutdown valve* dengan mengatur waktu menutup selama 6 detik.

1.5 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika dari penulisan skripsi ini adalah:

BAB I Pendahuluan

Menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, dan sistematika penulisan.

BAB II Tinjauan Pustaka

Menjelaskan dasar teori penunjang penelitian yang ada pada alat ini, yang terdiri dari teori dasar *shutdown valve*, sistem pneumatik, arduino uno, *VI Converter ISO-U1-P3-01*, *liquid crystal display*, sensor asap MQ2, dan sensor *limit switch*.

BAB III Metodologi

Membahas metode penelitian dan perencanaan alat.

BAB IV Perancangan Sistem

Membahas perancangan model miniatur sistem *shutdown valve* tipe **R series BAP 2006BVT** berbasis arduino uno. Setelah itu, bagaimana menerapkannya dalam sistem secara keseluruhan.

BAB V Pengujian Alat

Membahas hasil pengujian sistem dan analisa data secara keseluruhan terhadap alat yang telah direalisasikan.

BAB VI Kesimpulan dan Saran

Menjelaskan tentang pengambilan kesimpulan sesuai dengan hasil perancangan dan pengujian alat serta saran-saran yang diperlukan untuk melakukan pengembangan aplikasi selanjutnya.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Untuk memudahkan dalam memahami cara kerja rangkaian maupun dasar-dasar perencanaan dari sistem yang dibuat, maka perlu adanya penjelasan dan uraian mengenai teori penunjang yang digunakan dalam penulisan skripsi ini.

Teori penunjang yang akan dibahas dalam bab ini adalah:

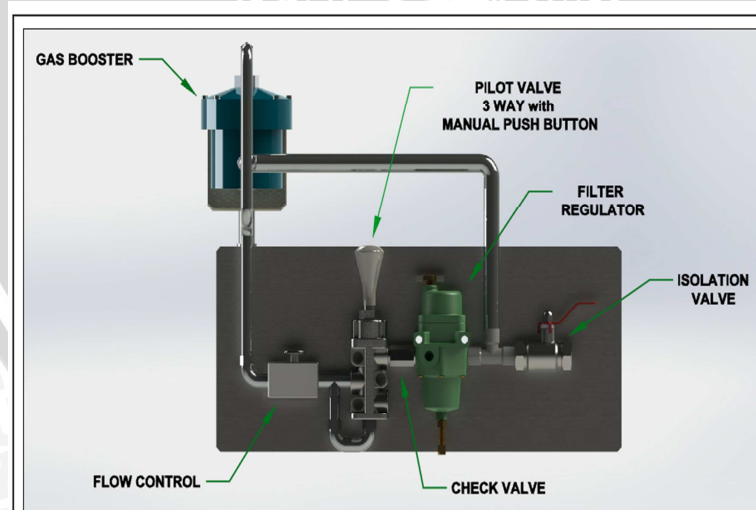
- *Shutdown Valve*
- *Arduino Uno*
- *Sistem Pneumatik*
- *Electro-Pneumatic Regulator*
- *Sensor Asap MQ2*
- *Sensor Limit Switch*
- *V/I Converter*
- *Liquid Crystal Display*
- *DAC (Digital Analog Converter) PCF8591P*
- *Relay*
- *3/2 way solenoid valve*
- *Kontroler On-Off*

2.1 *Shutdown Valve*

Kegunaan atau pemakaiannya sistem ESV (*Emergency Shutdown Valve*) selalu dipasang dan berguna apabila proses fasilitas produksi baik proses didarat ataupun anjungan minyak dilepas pantai mengalami situasi darurat. Sistem ESV adalah sebuah sistem untuk mematikan sistem produksi hidrokarbon dengan menarik tombol, dengan ditariknya tombol ESV bekerja secara tekanan angin (pneumatik) dan menutup semua *valve* yang dioperasikan dan mematikan seluruh sistem produksi baik itu anjungan lepas pantai ataupun proses fasilitas produksi didarat termasuk pemutusan listrik ke *Reda Pump* untuk beberapa *field* yang menggunakan *submersible pump*, sistem ESV harus dapat dioperasikan setiap saat baik dalam kondisi pengeboran/ servis ulang sumur atau dalam kondisi normal produksi. Biasanya ESV dipasang di lokasi yang strategis seperti:

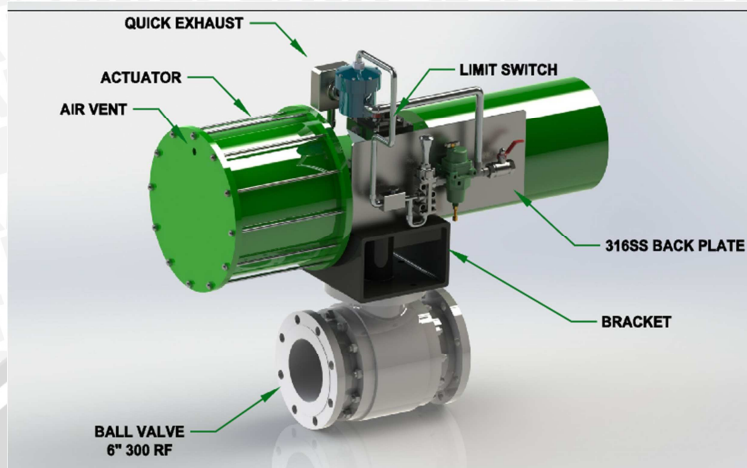
- *Landing Boat*
- *Helipad*
- Proses Fasilitas
- Dekat dengan *driller box* pada waktu pengerjaan sumur minyak/gas.
- Setiap dek ditangga jalan keluar
- Dekat jalan keluar dari ruang tempat tinggal (*living quarter*).
- Lokasi lain yang dirasakan perlu dipasang ESV (*Emergency Shutdown Valve*).

Shutdown valve adalah *valve* yang dirancang dan digerakkan untuk menghentikan aliran fluida hidrokarbon ataupun gas yang mendeteksi peristiwa/kejadian berbahaya. Hal ini memberikan perlindungan terhadap kemungkinan yang dapat membahayakan orang, peralatan atau lingkungan (Wikipedia). *Shutdown valve* sangat erat hubungannya dengan industri perminyakan meskipun industri lain juga memungkinkan menggunakan jenis sistem perlindungan ini. Shutdown valve diwajibkan oleh hukum pada setiap peralatan yang ditempatkan untuk melakukan pengeboran agar mencegah peristiwa bencana seperti ledakan BP Horizon di Teluk Meksiko pada tahun 2010. *Shutdown valve* memiliki komponen-komponen yang saling terintegrasi seperti dalam Gambar 2.1a dan Gambar 2.1b.



Gambar 2.1a Desain Asli Pabrik Komponen Shutdown Valve

Sumber: PT.PUCO (The Indonesian Manufacture)



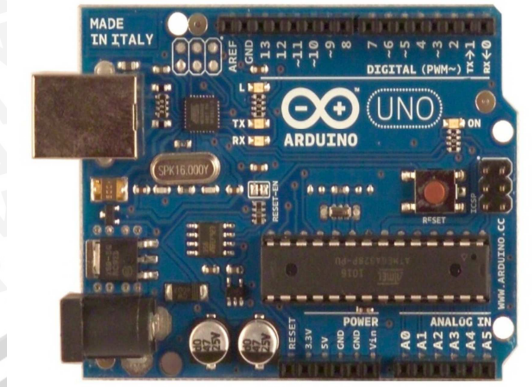
Gambar 2.1b Desain Asli Pabrik Shutdown Valve Tampak Depan

Sumber: PT.PUCO (The Indonesian Manufacture)

2.2 Arduino Uno

Arduino uno adalah *board* berbasis mikrokontroler pada ATmega328 (lihat Gambar 2.2). *Board* ini memiliki 14 digital *input/output* pin (dimana 6 pin dapat digunakan sebagai *output* PWM), 6 *input* analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack listrik tombol reset. Pin-pin ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, hanya terhubung ke komputer dengan kabel USB atau sumber tegangan bisa didapat dari adaptor AC-DC atau baterai untuk menggunakannya. Uno berbeda dengan semua board sebelumnya dalam hal koneksi USB-to-serial yaitu menggunakan fitur ATMega8 U2 yang diprogram sebagai konverter USB-to-serial berbeda dengan board sebelumnya yang menggunakan chip FTDI *driver* USB-to-serial.

Nama “Uno” berarti *satu* dalam bahasa Italia, untuk menandai peluncuran Arduino 1.0 Uno dan versi 1.0 akan menjadi versi referensi dari Arduino. Uno adalah yang terbaru dalam serangkaian board USB Arduino, dan sebagai model referensi untuk *platform* Arduino, untuk perbandingan dengan versi sebelumnya.



Gambar 2.2 Arduino Uno Tampak Atas

Sumber: <http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno>

2.2.1 Daya

Arduino Uno dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya eksternal (otomatis). Eksternal (non-USB) daya dapat berasal baik dari AC-ke adaptor-DC atau baterai. Adaptor ini dapat dihubungkan dengan menancapkan *plug jack* pusat-positif ukuran 2.1mm konektor POWER. Ujung kepala dari baterai dapat dimasukkan kedalam Gnd dan Vin pin header dari konektor POWER. Kisaran kebutuhan daya yang disarankan untuk *board* Uno adalah 7 sampai dengan 12 volt, jika diberi daya kurang dari 7 volt kemungkinan pin 5v Uno dapat beroperasi tetapi tidak stabil kemudian jika diberi daya lebih dari 12V, regulator tegangan bisa panas dan dapat merusak *board* Uno.

Pin listrik adalah sebagai berikut:

Vin adalah tegangan masukan kepada *board* Arduino apabila menggunakan sumber daya eksternal (sebagai pengganti dari 5 volt koneksi USB atau sumber daya lainnya). 5Volt adalah catu daya digunakan untuk daya mikrokontroler dan komponen lainnya. Sebuah pasokan 3,3 volt dihasilkan oleh regulator *on-board*.

GND adalah *ground pin*.

2.2.2 Memori

ATmega328 memiliki 32 KB (dengan 0,5 KB digunakan untuk *bootloader*), 2 KB dari SRAM dan 1 KB EEPROM.

2.2.3 Input dan Output

Masing-masing dari 14 pin digital di Uno dapat digunakan sebagai *input* atau *output*, dengan menggunakan fungsi *pinMode ()*, *digital Write ()*, dan *digital*

Read (), beroperasi dengan daya 5 volt. Setiap pin dapat memberikan atau menerima maksimum 40 mA dan memiliki internal *pull-up* resistor (secara *default* terputus) dari 20-50 kOhms. Selain itu, beberapa pin memiliki fungsi khusus:

- a. Serial: 0 (RX) dan 1 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirimkan (TX) TTL data serial. Pin ini dihubungkan ke pin yang berkaitan dengan chip Serial ATmega8U2 USB-to-TTL.
- b. *Eksternal* menyela: pin 2 dan pin 3. Pin ini dapat dikonfigurasi untuk memicu *interrupt* pada nilai yang rendah, dengan batasan tepi naik atau turun, atau perubahan nilai *PWM*: 3, 5, 6, 9, 10, dan 11. Menyediakan *output* PWM 8-bit dengan fungsi *analogWrite* ().
- c. *SPI* (*Serial Peripheral Interface*): pin 10 (*Slave Select*), 11 (*Master Out Slave In*), 12 (*Master In Slave Out*), 13 (*Serial Clock*). Pin ini mendukung komunikasi *SPI* menggunakan *SPI library*.
- d. *LED*: 13. Ada *built-in* LED terhubung ke pin digital 13. Ketika pin bernilai nilai HIGH, LED on, ketika pin bernilai LOW, LED *off*.
- e. Uno memiliki 6 masukan analog, berlabel A0 sampai dengan A5, yang masing-masing menyediakan 10 bit dengan resolusi (yaitu 1024 nilai yang berbeda). Selain itu, beberapa pin memiliki fungsi khusus:
- f. *I2C*: A4 (*SDA*) dan A5 (*SCL*). Dukungan *I2C* (*TWI*) komunikasi menggunakan perpustakaan *Wire*.
- g. *Aref*. Tegangan referensi (0 sampai 5V saja) untuk *input* analog. Digunakan dengan fungsi *analogReference* ().
- h. *Reset*. Bawa baris ini LOW untuk me-reset mikrokontroler.

2.2.4 Komunikasi

Arduino Uno memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, Arduino lain, atau mikrokontroler lainnya. ATmega328 menyediakan UART TTL (5V) untuk komunikasi serial, yang tersedia di pin digital 0 (RX) dan 1 (TX). Sebuah ATmega8U2 sebagai saluran komunikasi serial melalui USB dan sebagai *port virtual com* untuk perangkat lunak pada komputer. *Firmware* '8 U2 menggunakan driver USB standar COM, dan tidak ada *driver* eksternal yang diperlukan. Namun, pada Windows diperlukan, sebuah file inf. Perangkat lunak Arduino terdapat monitor serial yang memungkinkan digunakan memonitor data

tekstual sederhana yang akan dikirim ke atau dari *board* Arduino. LED RX dan TX di papan tulis akan berkedip ketika data sedang dikirim melalui chip USB-to-serial dengan koneksi USB ke komputer (tetapi tidak untuk komunikasi serial pada pin 0 dan 1).

Sebuah *Software Serial Library* memungkinkan untuk berkomunikasi secara serial pada salah satu pin digital pada *board* Uno's. ATmega328 juga mendukung I2C (*Inter Integrated Circuit*) dan komunikasi SPI. Perangkat lunak Arduino termasuk perpustakaan kawat (*wire*) untuk menyederhanakan penggunaan bus I2C.

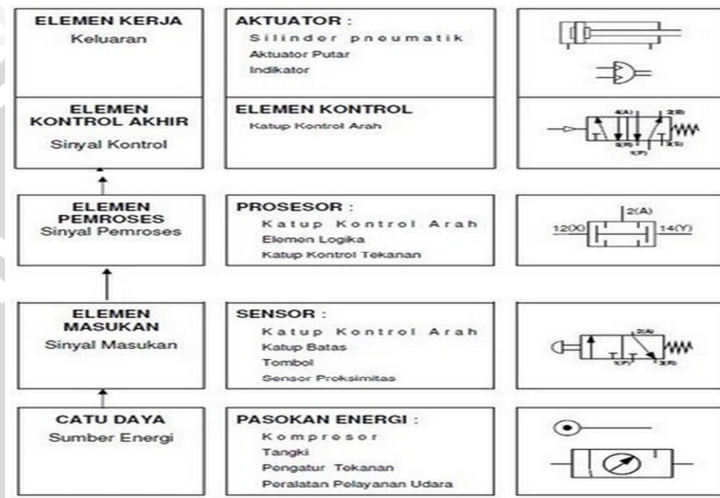
2.3 Sistem Pneumatik

Pneumatik (bahasa Yunani: pneumatikos) berasal dari kata dasar "pneu" yang berarti udara tekan dan "matik" yang berarti ilmu atau hal-hal yang berhubungan dengan sesuatu, sehingga arti lengkap pneumatik adalah ilmu/hal-hal yang berhubungan dengan udara bertekanan. Secara definisi sistem pneumatik dapat diartikan sebagai setiap sistem yang menggunakan gas atau udara sebagai fluida/ penggerak ataupun transmisi. Disebut penggerak karena memang sifat udara yang *compressible* dapat dikonversi menjadi tenaga mekanik. Dikarenakan menggunakan udara sebagai mediana, sistem pneumatik mempunyai suhu yang relatif rendah dan mempunyai *life time* yang lama. Sistem pneumatik mempunyai berbagai keunggulan seperti memiliki desain sistem dan kontrol yang sederhana, komponen-komponen umumnya mempunyai instalasi yang sangat mudah, sistem kontrolnya sederhana seperti halnya kontrol ON dan OFF, memiliki reliabilitas yang tinggi, perawatan yang mudah, lebih aman karena tidak mudah terbakar dibandingkan dengan sistem hidrolik dan udara yang bertekanan tidak terlalu dipengaruhi oleh temperatur. Namun disisi lain, sistem pneumatik juga memiliki kelemahan seperti harga instalasi yang mahal juga adanya waktu tunda (*delay*) dalam pengiriman sinyal. Dalam kaitannya dengan bidang kontrol, pemakaian sistem pneumatik sampai saat ini dapat dijumpai pada berbagai industri seperti *manufacturing*, perminyakan dan pertambangan.

Dalam suatu sistem kontrol pneumatik terdapat arsitektur dan bagian-bagian yang menyangkut fungsi kerja alat tersebut. Perancangan sistem kontrol

pneumatik mengacu pada diagram alir sistem. Tata letak komponen diagram rangkaian harus disesuaikan dengan diagram alir dari mata rantai kontrol yaitu sebuah sinyal harus mulai mengalir dari bawah menuju keatas dari gambar rangkaian dalam Gambar 2.3 (Waller, W.,2002).

Diagram alir mata rantai kontrol dan elemen-elemennya diklasifikasikan seperti terlihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Diagram Alir Mata Rantai Kontrol dan Elemen-Elemennya

Sumber : <http://monangcidakkal.blogspot.com/2013/04/sistem-pneumatik.html>

2.3.1 Kompresor

Kompresor merupakan *supply* udara tekan pada sistem pneumatik. Penggunaan sistem pneumatik memerlukan udara bertekanan yang memadai dan memiliki kualitas yang baik (Hanif, Said.2002). Kompresor digunakan untuk menghisap udara di atmosfer dan memampatkan serta menyimpannya dalam tangki penampung hingga tekanan tertentu.



Gambar 2.4 Rotary Vane Compressor

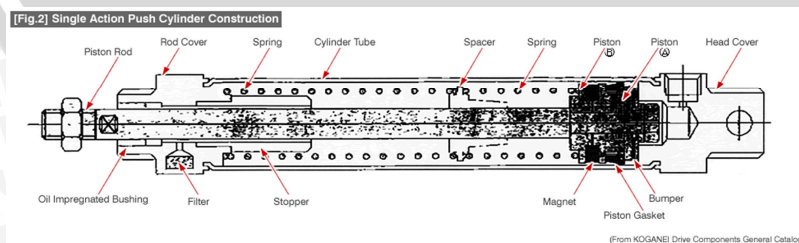
Sumber : <http://nuvair.com>

Kompresor secara garis besar terdiri dari dua tipe, yaitu *positive displacement* dan *dynamic*. Dari dua tipe tersebut bercabang lagi menjadi beberapa tipe. Di dalam skripsi ini, kompresor yang digunakan adalah *rotary vane compressor*.

Rotary vane compressor yang terlihat dalam Gambar 2.4 terdiri dari sebuah rotor dengan beberapa baling – baling yang terpasang secara radial pada *slot* di rotor. Ketika rotor berputar terjadi penyempitan volume yang mengakibatkan tekanan udara semakin besar. Kompresor jenis ini menghasilkan panas karena rotor berputar secara terus menerus, oleh karena itu ketika kompresor aktif oli terus disirkulasikan di bagian rotor untuk menurunkan suhu.

2.3.2 Silinder Kerja Ganda (*Double Acting Cylinder*)

Silinder pneumatik atau sering juga disebut *air cylinder*, adalah peralatan mekanik yang memanfaatkan kekuatan dari udara bertekanan untuk menghasilkan gerakan maju mundur secara linier. Gaya dari udara bertekanan yang masuk menggerakkan *piston* dalam silinder sehingga *piston rod* atau yang biasa juga disebut *stroke*, akan ikut bergerak ke arah yang tekanan udaranya lebih rendah. *Piston rod* itulah yang dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi. Pada silinder pneumatik dibedakan menjadi dua tipe, yaitu *single acting* dan *double acting*. Silinder kerja tunggal adalah aktuator yang digerakkan oleh udara bertekanan pada satu sisi saja sehingga hanya menghasilkan kerja dalam satu arah (linier). Untuk gerak baliknya digunakan tenaga yang didapat dari pegas yang telah terpasang didalam silinder tersebut sehingga besar kecepatannya tergantung dari gaya pegas tersebut. Berbeda dengan silinder kerja tunggal, silinder kerja ganda akan bekerja bila kedua sisinya diberi tekanan udara (Croser, E., 2002). Gambar 2.5 menunjukkan bagian-bagian silinder kerja ganda.



Gambar 2.5 Silinder Pneumatik *Double Acting*

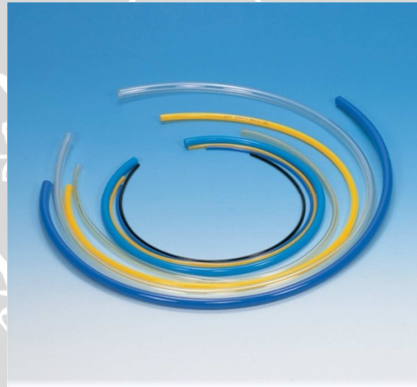
Sumber: <http://www.misumi-techcentral.com/tt/en/lca/2011/01/068-air-cylinder-selection-basics.html>

Biasanya silinder pneumatik lebih banyak disukai penggunaannya karena lebih tidak berisik bila dibandingkan motor dan tidak membutuhkan ruang banyak untuk menyimpan udara.

Karena fluida yang digunakan adalah udara, kebocoran pada silinder pneumatik tidak akan menetes dan mengkontaminasi lingkungan sekitar silinder, sehingga silinder pneumatik dapat digunakan pada ruangan yang harus bebas dari kontaminasi.

2.3.3 Tubing, Fitting, dan Air Coupler

Tubing adalah komponen yang terbuat dari plastik untuk memindahkan fluida. Umumnya, *tubing* yang digunakan terbuat dari bahan karet padat, lentur dan memiliki variasi ukuran diameter seperti terlihat dalam Gambar 2.6. Pemilihan diameternya tergantung *fitting* yang digunakan pada sistem tersebut.



Gambar 2.6 Tubing Pneumatik

Fitting merupakan komponen yang digunakan untuk menghubungkan (*assembly*) komponen-komponen lain pada sistem pneumatik. Seperti halnya *tubing*, *fitting* juga memiliki berbagai variasi ukuran diameter. Semakin besar ukuran *fitting* dan *tubing* maka semakin besar pula aliran udara yang dilewatkan. Umumnya *fitting* mempunyai ukuran diameter 4mm, 6mm, dan 8mm. Macam-macam bentuk *fitting* seperti terlihat dalam Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Fitting Pneumatik

Air Coupler adalah komponen yang berfungsi seperti *fitting*, yaitu untuk mencegah terjadinya kebocoran pada tiap-tiap sambungan. Perbedaan yang sangat mendasar dari *air coupler* dengan *fitting* adalah *fitting* bersambungan langsung dengan *tubing*, sedangkan *air coupler* hanya dapat tersambung dengan sesama *air coupler* saja. *Air coupler* memiliki 2 jenis yaitu *air coupler male* dan *air coupler female* seperti yang terlihat dalam Gambar 2.8. *Air coupler* biasanya digunakan apabila membutuhkan tekanan udara yang besar, contohnya yakni kompresor.



Gambar 2.8 Air Coupler

2.3.4 Buffer Accumulator

Untuk meminimalisir resiko kehilangan tekanan udara secara drastis ketika kompresor terjadi gangguan atau kegagalan digunakan *buffer accumulator*. Udara tekan dari kompresor terlebih dahulu ditampung di *buffer accumulator*, dengan begitu apabila tekanan dari kompresor tiba-tiba turun, perangkat pneumatik tidak langsung kehilangan tekanan udara karena masih mendapat suplai dari *buffer accumulator*.

2.3.5 Air Filter – Regulator

Air filter adalah alat yang digunakan untuk menyaring partikel kotoran yang keluar dari kompresor. Dengan begitu udara yang keluar bebas dari partikel kotoran sehingga tidak merusak komponen pneumatik lainnya. Lama kelamaan pada *filter* akan timbul air akibat dehumidifikasi pada udara yang masuk pada *filter*. Air yang timbul harus dibuang secara berkala agar proses dehumidifikasi tetap optimal. Dehumidifikasi adalah proses pemisahan udara dari partikel air. Tercampurnya udara dengan air dapat menyebabkan korosi pada komponen pneumatik.

Sedangkan *regulator* adalah alat yang digunakan untuk mengatur besar tekanan udara yang keluar dengan cara memutar tuas. Biasanya *regulator* dan *air*

filter digabungkan menjadi satu alat, sering juga disebut *air filter-regulator* (AFR). Bentuk umumnya seperti yang terlihat dalam Gambar 2.9.

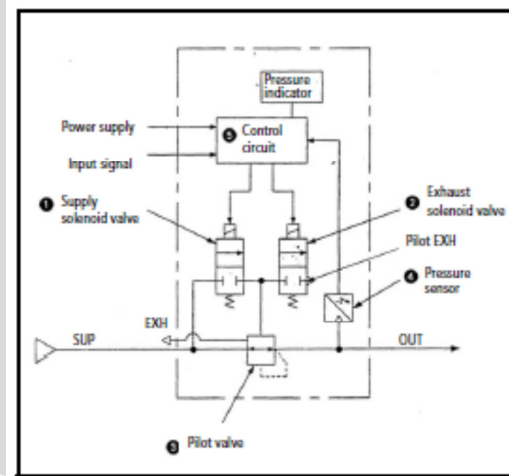


Gambar 2.9 Air Filter-Regulator

Sumber : Waller D, 2002

2.4 *Electro-Pneumatic Regulator* ITV3051-013B

Alat ini digunakan untuk mengatur tekanan udara berdasarkan arus yang masuk. Tentunya dibutuhkan *supply* udara bertekanan. Udara yang masuk dan keluar akan berbeda tekanannya tergantung sinyal arus pada *input*.

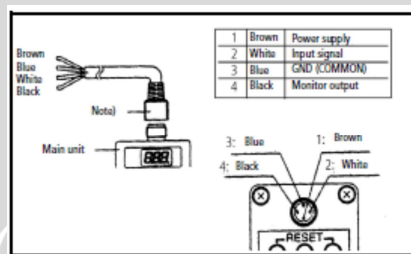


Gambar 2.10 Skematik ITV3051-013B

Skema *electro-pneumatic regulator* seperti yang terlihat dalam Gambar 2.10 mempunyai prinsip kerja yaitu, ketika diberi sinyal masukan *air supply solenoid valve* terbuka sehingga sebagian udara bertekanan masuk melewati *pilot valve*. *Pilot valve* membuka *valve* utama sehingga menyebabkan sebagian *supply*

tekanan keport output. Sensor tekanan dalam *Electro-pneumatic regulator* akan memberi *feedback* tekanan udara yang keluar ke sirkuit kontrol. Sirkuit kontrol akan mengolah sinyal *input* dan *output* sehingga keluaran yang dihasilkan proporsional terhadap sinyal *input*. Terdapat *exhaust solenoid valve* yang akan melepaskan sebagian udara ke atmosfer apabila tekanannya berlebih.

Electro-pneumatic regulator mempunyai 4 kabel yang terletak pada bagian atas, pembagiannya seperti yang terlihat dalam Gambar 2.11. *Electro-pneumatic regulator* membutuhkan catu daya sebesar 12 VDC dan menggunakan sinyal *input* berupa arus 4-20mA DC. Juga terdapat kabel untuk memonitor tekanan dengan keluaran 1-5VDC. Terdapat satu display yang berisikan informasi besar tekanan udara keluaran dalam satuan MPa.



Gambar 2.11 Rangkaian Kabel ITV3051-013B

Sumber : ITV Series Catalog

2.5 Sensor Asap MQ2

Sensor Asap MQ2 adalah komponen elektronika untuk mendeteksi kadar gas hidrokarbon. Sensor gas ini dapat digunakan untuk mendeteksi kebocoran gas di rumah/pabrik. Tingkat sensitivitas sensor MQ2 bervariasi untuk masing-masing tipe gas hidrokarbon yang dapat dideteksi sesuai dengan kadar gas tersebut dalam satuan *partpermillion* (Aldiki, 2014).

Keluaran sensor ini berupa resistansi analog sehingga dapat dikonversi menjadi nilai tegangan dengan menambah satu resistor biasa maupun variabel resistor agar dapat disetel sesuai kebutuhan. Dengan mengkonversi impedansi ini menjadi tegangan, hasil baca sensor dapat dibaca oleh pin ADC (*analog to digital conversion*) pada arduino. Sensor MQ2 ditunjukkan dalam Gambar 2.12



Gambar 2.12 Modul Sensor Asap MQ-2

Sumber: <http://kangobing.files.wordpress.com/2012/06/mq-2-sensor2.jpg>

2.6 Sensor Limit Switch

Limit switch merupakan jenis saklar yang dilengkapi dengan katup yang berfungsi menggantikan tombol. Prinsip kerja *limit switch* sama seperti saklar *Push ON* yaitu hanya akan menghubungkan pada saat katupnya ditekan pada batas penekanan tertentu yang telah ditentukan dan akan memutus saat katup tidak ditekan. *Limit switch* termasuk dalam kategori sensor mekanis yaitu sensor yang akan memberikan perubahan elektrik saat terjadi perubahan mekanik pada sensor tersebut. Penerapan dari *limit switch* adalah sebagai sensor posisi suatu benda yang bergerak. Simbol *limit switch* ditunjukkan pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Sensor Limit Switch

2.7 Volt to Current Converter ISO-U1-P3-01

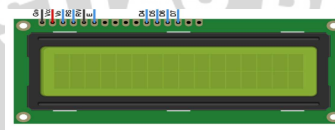
ISO-U1-P3-O1 adalah *isolated amplifier* untuk mengubah sinyal analog yang berupa tegangan menjadi arus. IC ini umum digunakan dalam aplikasi akusisi data analog. ISO-U1-P3-O1 dapat mengubah sinyal masukan berupa tegangan 0-5V menjadi sinyal keluaran berupa arus 4-20mA. IC ini dicatu dengan tegangan 5V DC dan mempunyai 10 pin seperti yang tampak dalam Gambar 2.14. Di antaranya terdapat pin yang disambungkan dengan potensiometer, fungsinya sebagai pengatur *zero* dan *gain* sehingga bisa dilakukan kalibrasi.



Gambar 2.14 IC ISO-U1-P3-O1

2.8 *Liquid Crystal Display (LCD)*

LCD yang digunakan dalam perancangan kali ini adalah lcd 16x2 (lihat Gambar 2.15) dan di dalam sistem ini berfungsi sebagai penampil atau penunjuk waktu dan menunjukkan bahwa terdeteksi adanya kebakaran.

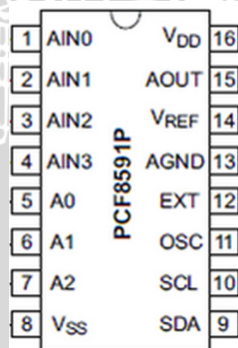


Gambar 2.15 LCD

LCD dapat dikontrol dalam dua mode : 4-bit atau 8-bit. Mode 4-bit membutuhkan tujuh I/O pin Arduino, sedangkan mode 8-bit membutuhkan sebelas I/O pin Arduino.

2.9 *Digital Analog Converter (DAC) PCF8591P*

PCF8591P merupakan modul elektronika untuk mengkonversi sinyal analog ke digital ataupun sebaliknya. PCF memiliki satu keluaran yang berupa analog yang berada di kaki 15 (lihat Gambar 2.16).



Gambar 2.16 Inter Integrated Circuit PCF8591P

Sumber: Datasheet PCF8591P

PCF8591P memiliki resolusi 8-bit, sehingga dapat menghasilkan sinyal teoritis antara nol volt dan tegangan referensi (V_{ref}) dalam 255 langkah atau biasa yang lebih familiar dengan sebutan PWM (*Pulse Width Modulation*).

2.10 Relay

Relay adalah suatu rangkaian switch magnetik yang bekerja bila mendapat catu dan suatu rangkaian *trigger*. Relay memiliki tegangan dan arus nominal yang harus dipenuhi output rangkaian dari *driver*. Arus yang digunakan pada rangkaian adalah arus DC. Konstruksi dalam suatu *relay* terdiri dari lilitan kawat (*coil*) yang dililitkan pada inti besi lunak. Jika lilitan kawat mendapatkan aliran arus, inti besi lunak kontak menghasilkan medan magnet dan menarik *switch* kontak. *Switch* kontak mengalami gaya listrik magnet sehingga berpindah posisi ke kutub lain atau terlepas dari kutub asalnya. Keadaan ini akan bertahan selama arus mengalir pada kumparan relay. Dan relay akan kembali keposisi semula yaitu *normally open* atau *normaly closed*, bila tidak ada lagi arus yang mengalir padanya, posisi normal *relay* tergantung pada jenis *relay*. Gambar *relay* ditunjukkan dalam Gambar 2.17.

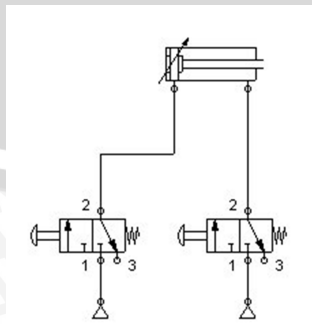


Gambar 2.17 Relay Catu 12V

Sumber: <http://i.stack.imgur.com/AujXg.png>

2.11 3/2 Way Solenoid Valve

Pada skripsi ini solenoid digunakan untuk melakukan gerakan menutup ataupun membuka valve secara otomatis. 3/2 solenoid dicatu dengan 24 VDC serta memiliki 3 jalur masukan (*inlet*) aliran udara (*pneumatic*) dan 2 keluaran (*outlet*) seperti yang terlihat dalam Gambar 2.18.

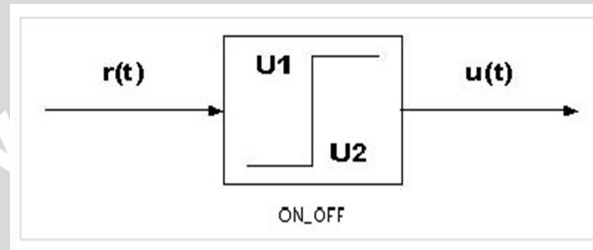


Gambar 2.18 3/2 Way Solenoid Valve

Cara kerja dari solenoid ini adalah ketika *push button* 1 diberi masukan sinyal maka silinder akan bergerak maju dan *push button* 2 digunakan untuk memberi sinyal agar silinder bergerak mundur.

2.12 Kontroler On-Off

Kontroler *on-off* merupakan kontroler yang paling sederhana. Sesuai dengan namanya kontroler ini mempunyai 2 kondisi tetap yaitu “*on*” dan “*off*”. Ilustrasi skema dari kontroler *on-off* terlihat dalam Gambar 2.19.



Gambar 2.19 Ilustrasi Kontroler On-Off

Sumber: amryagus.blogspot.com/2011/04/sistem-kontrol.html

Dari gambar 2.18 dapat diamati bahwa terdapat 2 nilai tetap yaitu U_1 dan U_2 . U_1 merupakan batas atas dan U_2 batas bawah. Keluaran akan naik-turun dengan sendirinya sesuai dengan parameter yang diharapkan. Apabila $u(t)$ yang mana merupakan *output* sistem telah melebihi parameter maka sinyal kontrol dan aktuator akan melakukan aksi *off* begitu juga sebaliknya apabila *output* kurang dari parameter maka sinyal kontrol dan aktuator akan melakukan aksi *on*.(Ogata,1997)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Kajian dalam skripsi ini merupakan penelitian yang bersifat aplikatif, yaitu merancang suatu sistem *shutdown valve* berbasis *pneumatic* yang dikendalikan oleh Arduino Uno dengan menggunakan kontroler *on-off* yang bertujuan agar dapat menampilkan performansi sistem sesuai dengan yang telah diharapkan.

Langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk merealisasikan alat yang akan dibuat adalah sebagai berikut:

3.1 Perancangan Sistem

Perancangan sistem dilakukan sebagai langkah awal sebelum terbentuknya suatu sistem beserta rangkaian elektronik pendukungnya, hal ini dimaksudkan agar sistem pengendalian *shutdown valve* dapat berjalan sesuai dengan deskripsi awal yang telah direncanakan. Peralatan sistem yang dilakukan menggunakan beberapa peralatan di Laboratorium Sistem Kontrol Universitas Brawijaya, meliputi:

Penentuan sistem *pneumatic* yang digunakan.

- Penentuan spesifikasi sistem yang akan dibuat, meliputi:
 - a. Penentuan deskripsi kerja sistem secara keseluruhan.
 - b. Rangkaian elektronik pendukung.
- Perancangan program pada Arduino Uno sebagai pusat pengontrolan sistem.

3.2 Realisasi Pembuatan Sistem

Untuk merealisasikan alat atau sistem yang telah dirancang sebelumnya maka perlu diperhatikan beberapa tahapan dalam pembuatan alat tersebut, diantaranya yaitu:

- Penyempurnaan mekanik sistem *shutdown valve* dan *pneumatic* secara keseluruhan yang meliputi penentuan batasan tekanan output *electric pneumatic regulator*, dan pemasangan sensor.

- Pembuatan rangkaian elektronika meliputi rangkaian *V/I converter*, *Digital Analog Converter (DAC) PCF8591P*, *Liquid Crystal Display (LCD)*, *relay*, *solenoid*, sensor asap MQ2 dan sensor *limit switch*.
- Pembuatan program pengontrolan menggunakan Arduino Uno.

3.3 Pengujian dan Analisa Data

Setelah semua komponen pada alat sudah terhubung sesuai dengan diagram blok sistem yang telah dirancang dan perangkat lunak untuk mendukung sistem telah dibuat, maka diadakan pengujian dan analisa alat. Metode pengujian alat adalah sebagai berikut:

1. Pengujian pada sensor yang digunakan.

Pengujian sensor asap MQ2 dilakukan dengan tujuan mengetahui tingkat keakurasian dari sensor tersebut. Sedangkan pengujian sensor *limit switch* dilakukan dengan cara menghubungkan kaki sensor ke multimeter kemudian memberikan sinyal mekanis untuk mengetahui apakah sudah memenuhi keadaan *normally close* atau *normally open*.

2. Pengujian rangkaian DAC berbasis PCF8591P yang digunakan.

Pengujian tersebut dilakukan dengan cara merangkai rangkaian DAC PCF8591P untuk mengetahui kelinieran tegangan yang dikeluarkan dari Arduino Uno dengan cara mengatur *Pulse Width Modulation (PWM)*.

3. Pengujian pada tiap-tiap blok rangkaian.

Pengujian tersebut meliputi pengujian *V/I converter* dan *electro-pneumatic regulator*.

4. Mengadakan pengujian sistem secara keseluruhan.

Pengujian ini dilakukan dengan cara menggabungkan semua bagian alat yang dibuat dan melihat kinerja alat. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja alat yang dibuat dan memberikan analisa terhadap kinerja alat.

5. Mengevaluasi hasil pengujian sistem secara keseluruhan.

Evaluasi dilakukan untuk mengetahui kinerja alat secara keseluruhan untuk mengetahui apa yang menjadi kekurangan dalam sistem tersebut.

3.4 Pengambilan Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan diambil berdasarkan data yang diperoleh dari pengujian sistem secara keseluruhan. Jika hasil yang didapatkan telah sesuai dengan yang direncanakan sebelumnya, maka sistem kendali tersebut telah berhasil memenuhi harapan dan tentunya memerlukan pengembangan lebih lanjut untuk penyempurnaan.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB IV

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

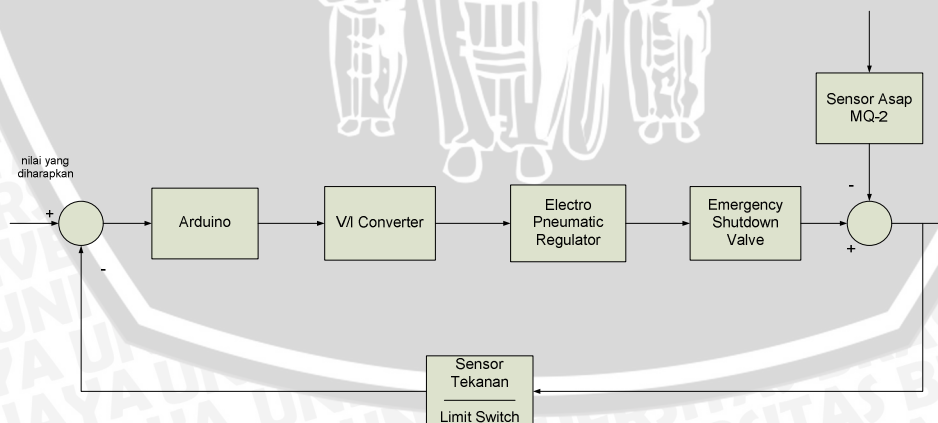
4.1 Perancangan Sistem

Perancangan alat ini dilakukan secara bertahap dalam bentuk blok sehingga akan memudahkan dalam analisis pada setiap bloknnya maupun secara keseluruhan. Perancangan ini terdiri dari:

1. Cara kerja alat
2. Spesifikasi alat
3. Perancangan perangkat keras yang terdiri atas perancangan elektrik yang meliputi *V/I converter*, *Digital Analog Converter (DAC)* PCF 8591P, *Liquid Crystal Display (LCD)*, sensor asap MQ2, sensor *limit switch*, *relay*, *solenoid* dan *Arduino Uno*.
4. Perancangan perangkat lunak yaitu algoritma pencarian parameter kontroler ketika *on* dan *off* kemudian menentukan nilai tekanan yang diharapkan untuk menutup *valve* selama 6 detik menggunakan *handtuning* lalu menerapkan parameter tersebut pada *software* *Arduino Uno*.

4.2 Blok Diagram Sistem

Diagram blok sistem yang dirancang ditunjukkan dalam Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Diagram Blok Sistem
(Sumber: Perancangan, 2014)

Keterangan dari blok diagram sistem di atas adalah sebagai berikut :

- Sensor Asap MQ2 digunakan sebagai pendeteksi gas yang mana jika sensor ini mendeteksi adanya asap/gas maka sensor akan memberikan sinyal *on* kepada arduino.
- Pusat pengendalian sistem menggunakan Arduino Uno yang memberikan sinyal keluaran digital.
- Nilai yang diharapkan sistem berasal dari program Arduino Uno. Nilai yang digunakan berupa nilai PWM dari tekanan saat menentukan waktu yang sesuai untuk menutup *valve*.
- Keluaran Arduino Uno berupa tegangan yang dapat diatur-atu melalui PWM pada DAC PCF8591P, kemudian harus dikonversi terlebih dahulu ke arus dengan menggunakan *V/I converter* karena masukan dari *electro-pneumatic regulator* adalah arus sebesar 4-20mA.
- *Emergency Shutdown Valve* (ESV) merupakan plant dari sistem yang digerakkan otomatis oleh relay dan solenoid yang tersambung pada keluaran elektro *pneumatic* regulator berupa tekanan dalam satuan MPa.
- Sebagai *feed back* digunakan sensor *limit switch* dan *output electro-regulator*. *Limit switch* berfungsi untuk mengetahui posisi mekanis sebagai *on-off* dari valve sedangkan *output electro-regulator* berfungsi untuk membaca *error* nilai tekanan yang mengalir dalam *valve* berupa tegangan *output* 1-5VDC.

4.3 Prinsip Kerja Sistem

Cara kerja sistem sebagai berikut :

- Sistem menggunakan *supply pressure* dari kompresor sebesar 7,2 bar.
- *Supply pressure* dari kompresor dihubungkan ke *air treatment unit* kemudian keluarannya dihubungkan ke *Air-filter Regulator* untuk diperkecil tekanannya menjadi 3,0 bar. Keluaran dari *Air-filter Regulator* dihubungkan ke *electro-pneumatic regulator*.
- *Output pressure* dari *electro-pneumatic regulator* dihubungkan langsung ke *solenoid*. *Relay* berfungsi sebagai *switch* untuk memberi

sinyal membuka atau menutup (*on/off*) valve, sedangkan *solenoid* berfungsi untuk melakukan aksi dari *relay* berupa aliran udara.

- Sensor MQ2 digunakan untuk mendeteksi adanya asap yang nantinya akan ditampilkan di layar LCD telah terjadi keadaan *emergency*. Sensor ini juga sebagai isyarat untuk memulai sistem *shutdown* bekerja dengan kondisi *If*.
- Setelah arduino menerima kondisi *If* dari sensor MQ2 maka keluaran modul arduino yang berupa tegangan harus diolah terlebih dahulu menggunakan rangkaian PCF8591P yang berfungsi mengatur besar kecilnya tegangan analog dengan cara mengatur PWM.
- Setelah dapat diatur besar kecilnya tegangan PWM kemudian dikonversi menjadi arus melalui V/I Converter ISO U1-P3-01 karena masukan *Electro Pneumatic Regulator* berupa arus 4-20mA. Sehingga dapat dikatakan bahwa keluaran *Electro Pneumatic Regulator* yang berupa tekanan tergantung pada nilai PWM. Di dalam *electro pneumatic regulator* juga terdapat kabel untuk memonitor tekanan yang keluar dengan keluaran 1-5 VDC.
- Ketika sistem pada arduino diberi nilai tekanan yang diharapkan berupa dari nilai PWM tertentu maka apabila diberi masukan kurang dari nilai yang telah ditentukan atau lebih kontroler akan mengolah terus sampai sesuai dengan nilai yang ditentukan dengan waktu 6 detik menggunakan fungsi *timer*.
- Saat *valve* sudah tertutup sensor *limit switch* akan memberikan indikator *close* sehingga dapat dilihat berapa waktu yang ditempuh untuk melakukan proses menutup yang akan ditampilkan di layar LCD.

4.4 Perancangan Perangkat Keras

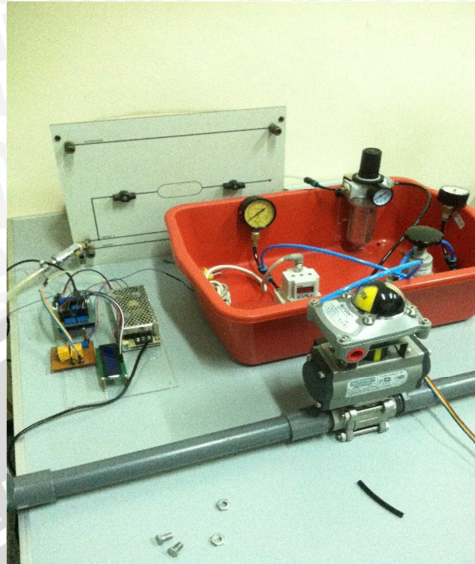
Berdasarkan diagram blok perancangan alat yang telah disusun, perancangan perangkat keras meliputi perancangan elektrik V/I *converter*, DAC PCF8591P, LCD, sensor MQ2, sensor *limit switch*, *relay*, *solenoid*, sistem

pneumatik dan modul komunikasi Arduino Uno. Di bawah ini adalah penjelasan masing-masing rangkaian penyusun keseluruhan alat.

4.4.1 Spesifikasi Alat

Spesifikasi sistem pengendalian *shutdown valve* berbasis *pneumatic* menggunakan arduino uno dijelaskan sebagai berikut:

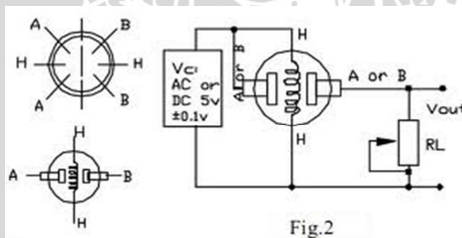
- Sensor asap merupakan inisialisasi sistem untuk melakukan aksi *shutdown* memiliki catu 5VDC dan mempunyai acuan kepekatan asap sebesar 50 ppm.
- Sumber udara bertekanan sebesar 7,2 bar yang berasal dari kompresor bertipe *rotary hydrovane* yang dicatu tegangan AC 220V.
- *Shutdown valve* yang digunakan berdiameter 2.54cm atau 1" dan mempunyai range tekanan sebesar 2-8 bar dengan putaran sebesar 90°.
- Pergerakan dari *shutdown valve* berasal dari solenoid bercatu 24VDC dan memiliki *coil* di *supply* tekanan udara dari *electro-pneumatic regulator* yang dicatu 12VDC dan masukannya berupa arus sebesar 4-20mA. Masukan arus *electro-pneumatic* berasal dari *V/I converter* yang dicatu 5VDC. Untuk mengubah-ubah arus dari *V/I converter* dibutuhkan rangkaian teoritis dari PCF8591P dengan catu 5VDC. *Electro-pneumatic* juga dapat memonitor tekanan yang keluar dengan keluaran 1-5VDC.
- Relay berfungsi untuk *switch valve* untuk buka/tutup dengan acuan ppm dari sensor asap dicatu 12VDC.
- Sensor *limit switch* sebagai indikator mekanis dari *valve* dan sensor tekanan sebagai *feedback* dari nilai tekanan.
- Skema perancangan sistem dapat dilihat dalam Gambar 4.2.



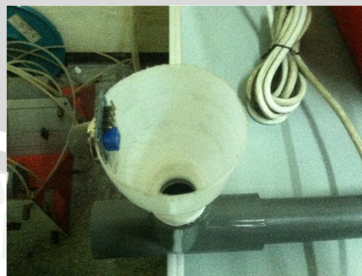
Gambar 4.2. Skema Perancangan Sistem
(Sumber: Perancangan, 2014)

4.4.2 Sensor Asap MQ-2

Modul sensor asap MQ-2 digunakan sebagai inialisasi sistem bahwa terdeteksi adanya kepekatan asap dengan acuan ppm terhadap nilai tegangan. Sensor ini dicatu dengan 5VDC dan mempunyai *output* analog antara 1-5V. Modul MQ-2 juga memiliki nilai tegangan referensi menggunakan variabel resistor. Perancangan sensor ini diletakkan pada sisi bagian luar pipa seperti yang terlihat dalam Gambar 4.3. dan 4.4.



Gambar 4.3. Rangkaian Modul Sensor MQ-2



Gambar 4.4. Peletakkan Posisi Sensor Asap

4.4.3 Kompresor *Hydrovane* HV-01

Kompresor *hydrovane* HV-01 adalah seri kompresor terbuka (*unenclosed*) dari *hydrovane* dengan kecepatan motor tetap. HV-01 dapat menghasilkan tekanan udara sebesar 7,2 bar. Karena merupakan kompresor elektrik, HV-01 membutuhkan suplay tegangan sebesar 220V AC.

Berdasarkan prinsip kerjanya HV-01 adalah kompresor tipe *rotary vane*. Kompresor jenis ini terdiri dari sebuah rotor dengan beberapa baling-baling yang terpasang secara radial pada slot di rotor. Ketika rotor berputar terjadi penyempitan volume yang mengakibatkan tekanan udara semakin besar. Kompresor jenis ini menghasilkan panas karena rotor berputar secara terus menerus, oleh karena itu ketika kompresor aktif oli terus disirkulasikan di bagian rotor untuk menurunkan suhu.

4.4.4 *Buffer Accumulator*

Alat ini digunakan untuk meminimalisir resiko kehilangan tekanan udara secara drastis ketika kompresor terjadi gangguan atau kegagalan digunakan *buffer accumulator*. Udara bertekanan dari kompresor terlebih dahulu ditampung di *buffer accumulator*. Dengan begitu apabila tekanan dari kompresor tiba-tiba turun, perangkat *pneumatic* tidak langsung kehilangan tekanan udara karena masih mendapat suplai dari *buffer accumulator*.

Buffer accumulator yang digunakan dalam penelitian ini buatan Martonair, seperti yang terlihat dalam Gambar 4.5 dengan tipe M16c200 yang dapat digunakan untuk tekanan udara maksimal 10 bar.



Gambar 4.5 *Buffer Accumulator*
(Sumber: Perancangan, 2014)

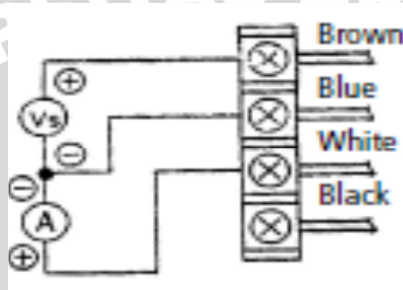
4.4.5 *Air Filter*

Udara bertekanan yang dihasilkan kompresor kualitasnya bergantung pada kompresor yang digunakan. Seringkali udara dari kompresor masih tercampur dengan partikel-partikel kecil seperti udara ataupun air. Oleh sebab itu digunakan *air filter* agar udara yang masuk ke komponen *pneumatic* lain

bebas dari kotoran. Selain itu fungsi dari *air filter* adalah untuk memisahkan udara dari air. Sebab air dapat menyebabkan korosi pada komponen yang terbuat dari besi. *Air filter* dipasang setelah *buffer accumulator* dan disetting untuk mengeluarkan *supply pressure* sebesar 3 bar.

4.4.6 *Electro-Pneumatic Regulator* ITV3051-013B

Alat ini digunakan untuk mengatur tekanan udara berdasarkan arus listrik yang masuk. Dibutuhkan *supply* tekanan udara yang lebih besar dibanding tekanan udara yang keluar. Pada penelitian ini *electro-pneumatic regulator* di-setting dengan batasan tekanan udara yang keluar 0,2 -3 bar.



Gambar 4.6 Rangkaian *Wiring* ITV3051-013B
(Sumber : *ITV series catalog*)

Electro-pneumatic regulator mempunyai 4 kabel yang terletak pada bagian atas seperti ditunjukkan dalam Gambar 4.6. *Electro-pneumatic regulator* membutuhkan catu daya sebesar 12 VDC dan menggunakan sinyal *input* berupa arus 4-20mA DC. Juga terdapat kabel untuk memonitor tekanan dengan keluaran 1-5VDC. Terdapat satu layar yang berisikan informasi besar tekanan udara keluaran dalam satuan MPa seperti dalam Gambar 4.7.



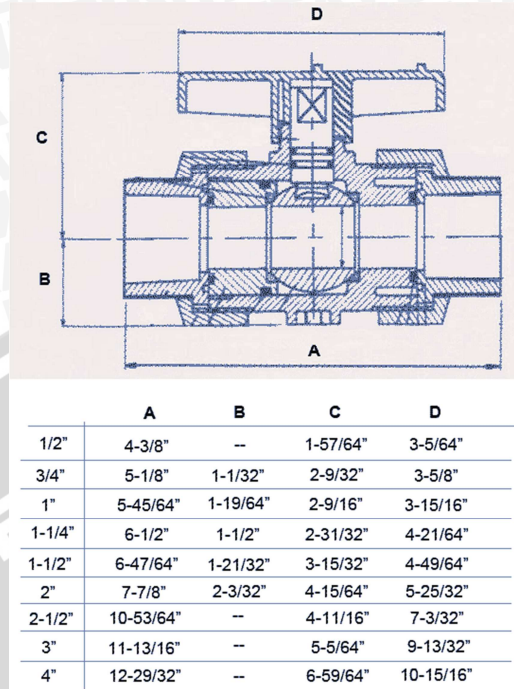
Gambar 4.7 *Electro-Pneumatic Regulator* ITV3051-013B
(Sumber: Perancangan, 2014)

4.4.7 Shutdown Valve

Shutdown valve adalah *valve* yang dirancang dan digerakkan untuk menghentikan aliran fluida hidrokarbon ataupun gas yang mendeteksi peristiwa/kejadian berbahaya. Hal ini memberikan perlindungan terhadap kemungkinan yang dapat membahayakan orang, peralatan, dan lingkungan. *Shutdown valve* memiliki standar internasional terhadap kebocoran (ANSI/FCI 70-2). Ukuran diameter *valve* bervariasi mulai dari 0,5-16 inci sesuai dengan kebutuhan *user*. Pada penelitian ini penulis menggunakan model miniatur *shutdown valve* yang mempunyai diameter *valve* berukuran 1 inci. *Valve* ini memiliki indikator berupa *limit switch* dan *range* tekanan antara 2-8 bar. Pergerakan dari *ball valvenya* yaitu *double acting* dimana memiliki kemampuan untuk dapat bekerja ganda apabila kedua sisinya diberi tekanan udara dan memiliki putaran sebesar 90°. Model miniatur *shutdown valve* dapat dilihat dalam Gambar 4.8, dan 4.9.



Gambar 4.8 Model Miniatur Shutdown Valve
(Sumber: Perancangan, 2014)

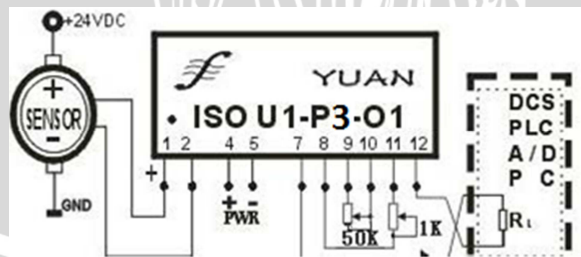


Gambar 4.9 Dimensi Shutdown Valve

4.4.8 V/I Converter ISO U1-P3-01

Pada penelitian ini digunakan V/I *converter* ISO U1-P3-01 sebagai pengubah tegangan dari sensor menjadi arus 4-20mA. Konversi tegangan ke arus perlu dilakukan karena modul *input* analog AAI143 hanya dapat menerima sinyal masukan berupa arus 4-20mA.

ISO U1-P3-01 mempunyai 10 pin seperti yang terlihat dalam Gambar 4.10. Potensiometer pada pin 9-10 dan pin 8-11 digunakan untuk mengatur *gain* dan *zero* sehingga bisa dilakukan kalibrasi terhadap *output* IC.

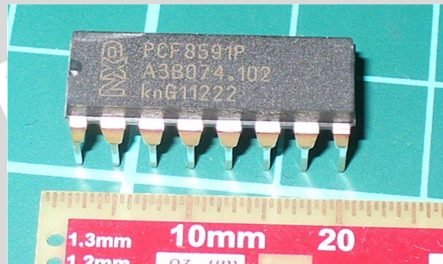


Gambar 4.10 Rangkaian Wiring ISO U1-P3-01
(Sumber : Datasheet ISO U1-P3-01)

4.4.9 Digital Analog Converter (DAC) PCF8591P

Arduino memiliki berbagai macam tipe, seperti contohnya Arduino Uno, Arduino Mega, dan masih banyak yang lainnya. Pada Arduino Uno dan

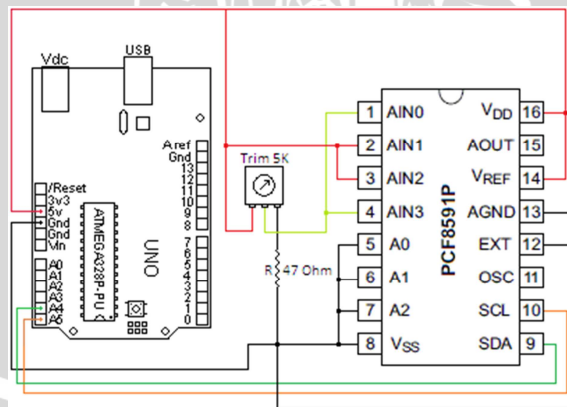
Arduino Mega memiliki beberapa perbedaan, salah satunya banyaknya serial pin yang bisa digunakan. Sebagai perbandingan harga, harga Arduino Mega cukup mahal dibandingkan dengan Arduino Uno. Jadi apabila tidak berkenan menggunakan Arduino Mega tetapi dalam prakteknya butuh lebih banyak input serial pin analog, maka bisa digunakan Arduino Uno dengan ditambahkan DAC PCF8591. Selain itu, penggunaan rangkaian ini juga dapat membantu menghasilkan sinyal analog. Dalam Gambar 4.11 akan ditunjukkan IC PCF8591P yang digunakan untuk rangkaian tersebut.



Gambar 4.11 IC PCF8591P

(Sumber: <http://tronixstuff.com/2013/06/17/tutorial-arduino-and-pcf8591-adc-dac-ic/>)

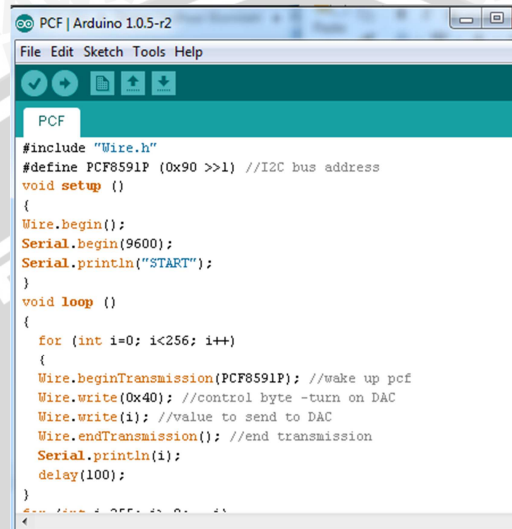
DAC pada PCF8591 memiliki resolusi 8 bit, sehingga dapat menghasilkan sinyal teoritis antara nol volt dan tegangan referensi (V_{ref}) dalam 255 langkah atau biasa yang lebih familiar dengan sebutan PWM. Dalam Gambar 4.12 akan ditunjukkan rangkaian demonstrasi DAC yang dihubungkan dengan Arduino Uno.



Gambar 4.12 Rangkaian PCF 8591P

Menggunakan potensiometer $5k\Omega$ sebagai tegangan referensi, resistor 47Ω di antara $5V$, V_{ref} dan GND . *Output analog* diambil dari pin 15 dan ada GND analog terpisah pada pin 13. Kemudian pin 13 dihubungkan ke GND dan sirkuit GND ke GND arduino. Untuk mengontrol DAC kita perlu

mengirim dua *byte* data. Yang pertama adalah byte kontrol, yang hanya mengaktifkan DAC dan 1000000 (atau 0×40) dan *byte* berikutnya adalah nilai antara 0 dan 255 (tingkat *output*). Dalam Gambar 4.13 adalah program yang digunakan untuk menghubungkan komunikasi DAC PCF8591 dengan Arduino Uno.



```
PCF | Arduino 1.0.5-r2
File Edit Sketch Tools Help
PCF
#include "Wire.h"
#define PCF8591P (0x90 >>1) //I2C bus address
void setup ()
{
  Wire.begin();
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("START");
}
void loop ()
{
  for (int i=0; i<256; i++)
  {
    Wire.beginTransmission(PCF8591P); //wake up pcf
    Wire.write(0x40); //control byte -turn on DAC
    Wire.write(i); //value to send to DAC
    Wire.endTransmission(); //end transmission
    Serial.println(i);
    delay(100);
  }
}
```

Gambar 4.13 Program DAC PCF 8591P ke Arduino
(Sumber: Perancangan, 2014)

4.4.10 Liquid Crystal Display (LCD)

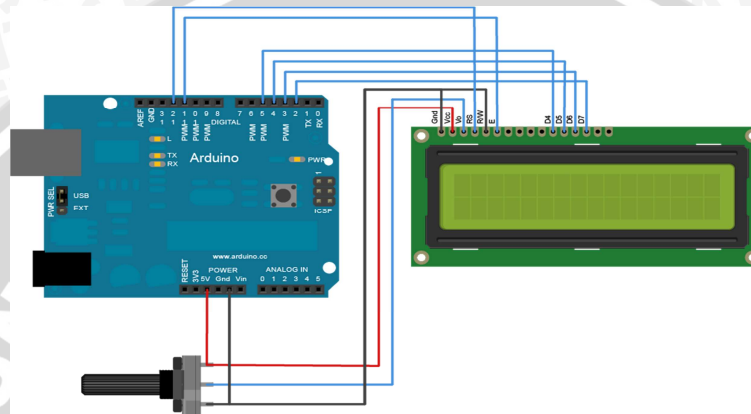
LCD yang digunakan dalam perancangan kali ini adalah Hitachi HD44780 dan di dalam sistem ini berfungsi sebagai penampil atau penunjuk waktu dan nilai ppm yang ditunjukkan. Digunakannya LCD dalam perancangan ini diperlukan karena apabila hasil atau *output* waktu dan nilai ppm ditunjukkan pada serial monitor yang ada pada Arduino Uno, untuk pengambilan data sebagai bahan analisis perancangan akan menjadi lebih sulit.

LCD Hitachi dapat dikontrol dalam dua mode : 4-bit atau 8-bit. Mode 4-bit membutuhkan tujuh I/O pin Arduino Uno, sedangkan mode 8-bit membutuhkan sebelas I/O pin Arduino Uno. Untuk rangkaian LCD, diperlukan beberapa *hardware* sebagai penunjang agar LCD dapat berfungsi dengan baik, yaitu :

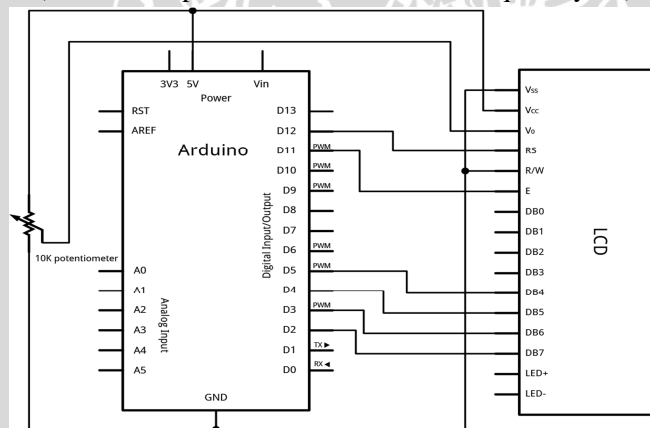
- Arduino Uno
- LCD *screen* (yang kompatibel dengan Hitachi HD44780)

- *Pin header* untuk LCD display
- 10k potensiometer
- Kabel *male to female*

Dengan mensolder *pin header* terlebih dulu pada LCD, kemudian dengan menggunakan kabel *male to female* dihubungkan ke Arduino Uno seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4.14 dan 4.15 di bawah ini.



Gambar 4.14 LCD ke Arduino Uno
(Sumber : <http://arduino.cc/en/Tutorial/LiquidCrystal>)



Gambar 4.15 Rangkaian Wiring LCD ke Arduino Uno
(Sumber : <http://arduino.cc/en/Tutorial/LiquidCrystal>)

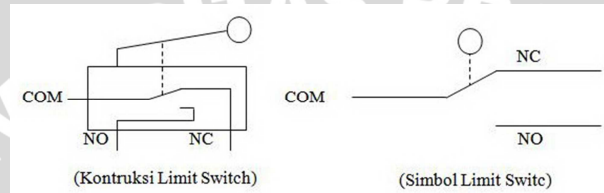
4.4.11 Sensor *Limit Switch*

Prinsip kerja *limit switch* sama seperti saklar Push ON yaitu hanya akan terhubung pada saat katupnya ditekan pada batas penekanan tertentu yang telah ditentukan dan akan memutus saat katup tidak ditekan. Memiliki 3 kaki diantaranya yaitu *normally open*, *normally closed*, dan *common*. Dengan dihubungkannya NO ke 5V, NC ke GND, dan COM disambungkan ke pin

arduino. Gambar 4.16 dan 4.17 merupakan rangkaian perancangan sensor *limit switch*.



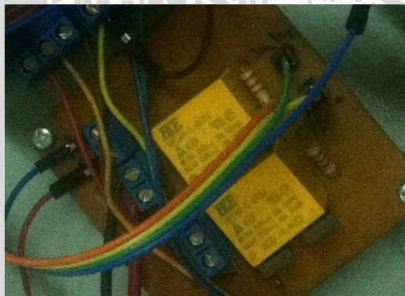
Gambar 4.16 Pengkabelan Sensor *Limit Switch*
(Sumber: Perancangan, 2014)



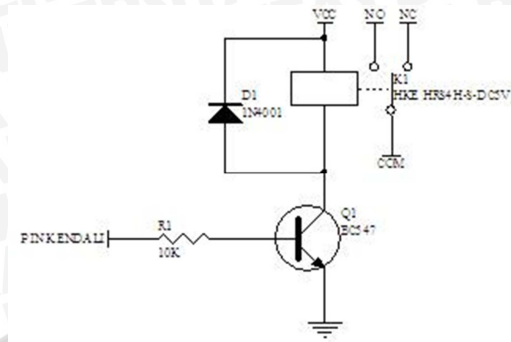
Gambar 4.17 Konstruksi Sensor *Limit Switch*

4.4.12 Relay

Relay adalah suatu rangkaian *switch* magnetic yang bila mendapat catu dan suatu rangkaian *trigger* akan berubah posisi logika NO atau NC yang terhubung dengan *coil*. Relay berfungsi untuk mengubah sinyal dari arduino untuk melanjutkan aksi dalam menutup atau membuka *valve* tentunya dicatu dengan 12VDC. Relay dalam perancangan ditunjukkan dalam Gambar 4.18 dan 4.19.



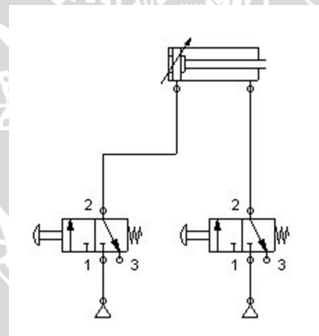
Gambar 4.18 Pengkabelan Relay



Gambar 4.19 Rangkaian Relay

4.4.13 3/2 Way Solenoid Valve

Pada skripsi ini solenoid digunakan untuk melakukan gerakan menutup ataupun membuka *valve* secara otomatis yang mendapatkan sinyal dari relay dan tentunya terdapat *supply* tekanan udara. 3/2 solenoid dicatu dengan 24 VDC serta memiliki 3 jalur masukan (*inlet*) aliran udara (*pneumatic*) dan 2 keluaran (*outlet*) seperti yang terlihat dalam Gambar 4.20.

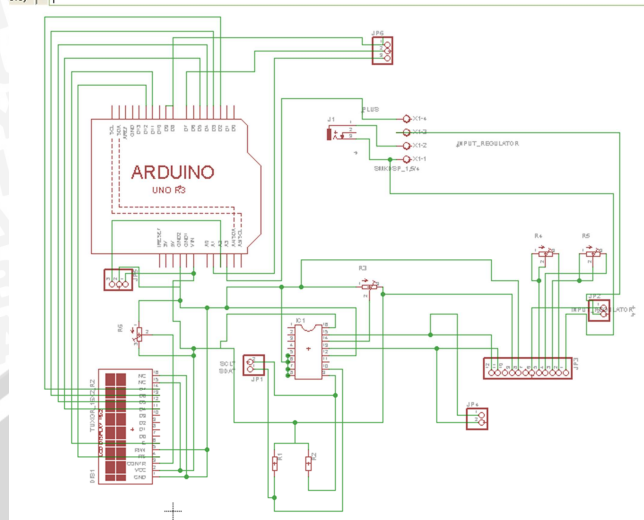


Gambar 4.20 3/2 Way Solenoid Valve

Cara kerja dari solenoid ini adalah ketika *push button* 1 diberi masukan sinyal maka silinder akan bergerak maju dan *push button* 2 digunakan untuk memberi sinyal agar silinder bergerak mundur.

4.5. Modul ATmega 328

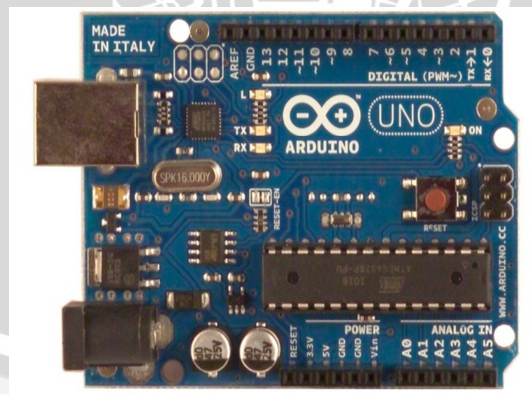
Pada sistem pengendalian posisi *stamping rod* ini digunakan Arduino Uno sebagai pengolah data dalam proses pengaturan tekanan udara yang terdapat pada *electro-pneumatic regulator* untuk menggerakkan silinder *pneumatic*. Konfigurasi kaki I/O dari Arduino Uno ditunjukkan dalam Gambar 4.21.



Gambar 4.21 Konfigurasi Kaki Pin Arduino

(Sumber: Perancangan, 2014)

Arduino Uno adalah *board* mikrokontroler berbasis ATmega328. Memiliki 14 *pin input* dari *output* digital dimana 6 *pin input* tersebut dapat digunakan sebagai *output* PWM dan 6 *pin input* analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, *jack power*, ICSP *header*, dan tombol *reset*. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup hanya menghubungkan *board* Arduino Uno ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau listrik dengan AC yang terhubung dengan adaptor DC atau baterai untuk menjalankannya. Modul Arduino Uno ditunjukkan dalam Gambar 4.22 sedangkan fungsi setiap pin ditunjukkan dalam Tabel 4.1.



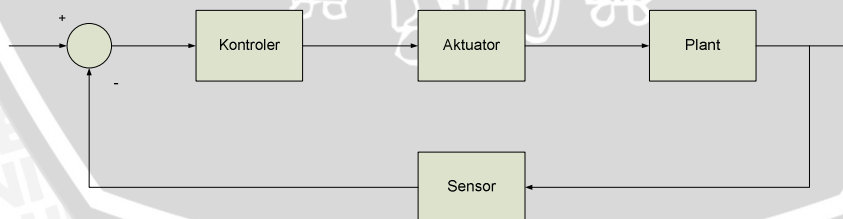
Gambar 4.22 Modul Arduino Uno

Tabel 4.1 Fungsi Pin Arduino

No	Pin	Fungsi
1	A1	Masukan <i>limit switch</i> 1
2	A2	Masukan sensor asap
3	A3	Masukan <i>output</i> tekanan LCD D7 pin
4	2	LCD D7 pin
5	3	LCD D6 pin
6	4	LCD D5 pin
7	5	LCD D4 pin
8	7	Relay untuk NO/NC
9	9	Masukan <i>limit switch</i> 2
10	11	LCD enable pin
11	12	LCD RS pin
12	A5	SCL PCF8591
13	A4	SDA PCF8591
14	GND	Jalur masukan GND seluruh sistem
15	Vin	Jalur masukan 5V seluruh sistem

4.6. Perancangan Kontroler

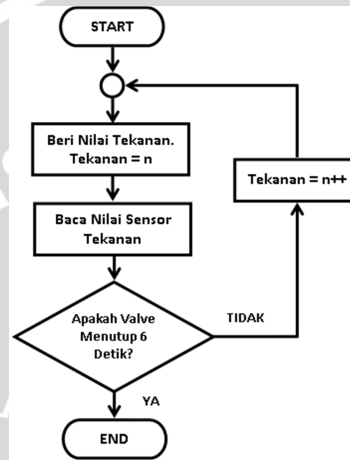
Perancangan kontroler dengan menggunakan metode *on-off* pada sistem pengendali *shutdown valve* dilakukan dengan cara melakukan spesifikasi pada plan sistem, sensor, dan aktuator. Kontroler akan *on* ketika sensor asap mendeteksi adanya kandungan gas yang berlebih yang dapat menimbulkan kebakaran. Setelah kontroler *on*, *valve* akan menutup selama 6 detik dengan cara mengatur tekanan yang masuk pada *solenoid valve*. Diagram blok sistem kontrol ditunjukkan dalam Gambar 4.23.



Gambar 4.23 Blok Diagram Sistem Kontrol

Berdasarkan blok diagram sistem kontrol sistem pengendali *shutdown valve* dapat diketahui plan yang diatur adalah durasi waktu yang dibutuhkan untuk menutup. Berdasarkan standar referensi yang digunakan menggunakan durasi waktu selama 6 detik. Karena nilai yang digunakan dalam satuan (detik) maka

perlu diubah ke besaran atau satuan lain. Pada perancangan kontroler ini menggunakan sensor tekanan, sehingga nilai yang diharapkan pada sistem juga menggunakan satuan tekanan. Dalam memperoleh nilai konversi dari satuan waktu ke tekanan menggunakan metode *handtuning* untuk mengetahui nilai besar tekanan yang dibutuhkan untuk menutup *valve* selama 6 detik. Diagram alir metode *handtuning* ditunjukkan dalam Gambar 4.24.



Gambar 4.24 Diagram Alir Kontroler

Hasil percobaan untuk mencari persamaan tekanan terhadap waktu ditunjukkan dalam Tabel 4.2.

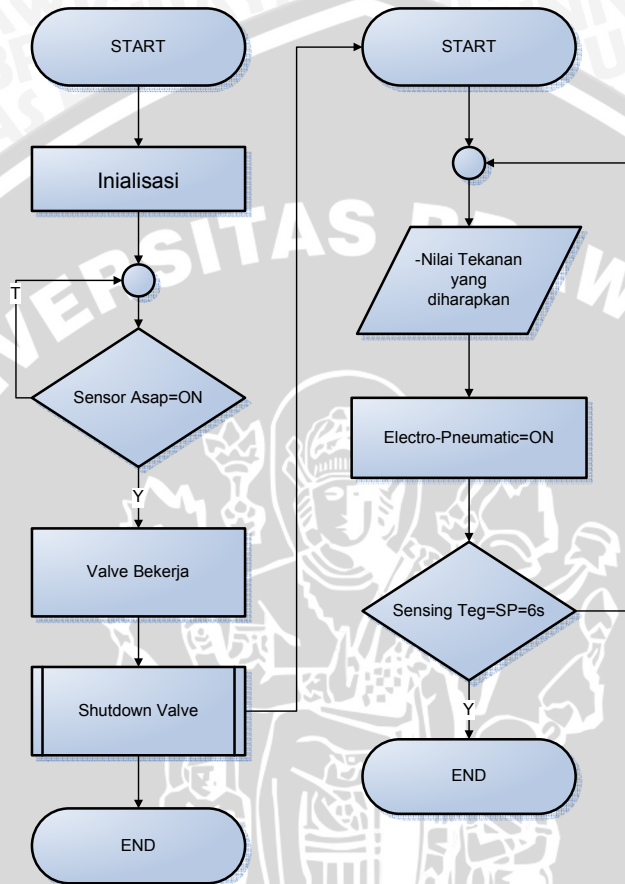
Tabel 4.2 Hasil Percobaan *Handtuning*.

No.	PWM	Tekanan (PSI)	Sensor (V)	Waktu (s)
1	20	21	1.589	7.21
2	50	24	1.647	5.96
3	70	25	1.688	4.77
4	100	27	1.747	3.55

Berdasarkan hasil percobaan *trial and error* untuk mencari nilai tekanan yang sesuai dengan waktu 6 detik diperoleh nilai PWM 50 dan menjadi nilai tekanan yang diharapkan pada sistem.

4.7. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak sistem ditunjukkan dalam *flowchart* pada Gambar 4.25.



Gambar 4.25 Diagram Alir Sistem

(Sumber: Perancangan, 2014)

BAB V

PENGUJIAN DAN ANALISIS

Tujuan pengujian sistem ini adalah untuk menentukan apakah alat yang telah dibuat berfungsi dengan baik dan sesuai dengan perancangan. Pengujian pada sistem ini meliputi pengujian setiap blok maupun pengujian secara keseluruhan. Pengujian setiap blok ini dilakukan untuk menemukan letak kesalahan dan mempermudah analisis *troubleshoot* pada sistem apabila alat tidak bekerja sesuai dengan perancangan. Pengujian dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu :

1. Pengujian sensor asap MQ2
2. Pengujian LCD
3. Pengujian relay
4. Pengujian sensor *limit switch*
5. Pengujian *Digital Analog Converter* (DAC) PCF 8591P
6. Pengujian *V/I Converter* ISO U1-P3-01
7. Pengujian *Electro Pneumatic Regulator*
8. Pengujian sistem keseluruhan

5.1 Pengujian Sensor Asap MQ2

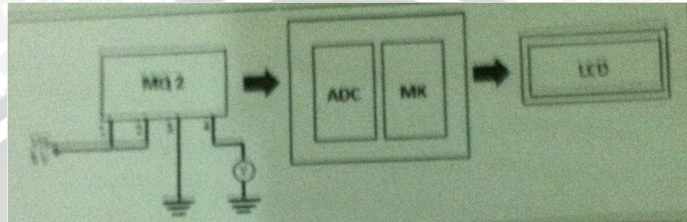
Pengujian sensor asap MQ2 bertujuan untuk mengetahui tingkat keakuratan dari sensor tersebut. Dengan menempatkan sensor di pipa bagian luar *shutdown valve* dan memberikan catu daya 5VDC. Sensor ini sebagai inialisasi bahwa telah terdeteksi adanya kandungan asap yang menimbulkan kebakaran.

5.1.1 Peralatan Pengujian

- Catu daya 5VDC.
- Modul sensor asap MQ2
- Arduino Uno dan LCD
- Alat penambah asap
- Laptop
- Multimeter

5.1.2 Prosedur Pengujian

Pengujian dilakukan dengan cara menghubungkan setiap kaki pada sensor seperti dalam Gambar 5.1. Kemudian setelah terhubung dengan baik lalu menggunakan program sensor asap untuk mengukur nilai tegangan yang keluar serta mengamati jumlah kandungan asap yang akan ditampilkan pada LCD.



Gambar 5.1 Rangkaian Pengujian Sensor Asap MQ2

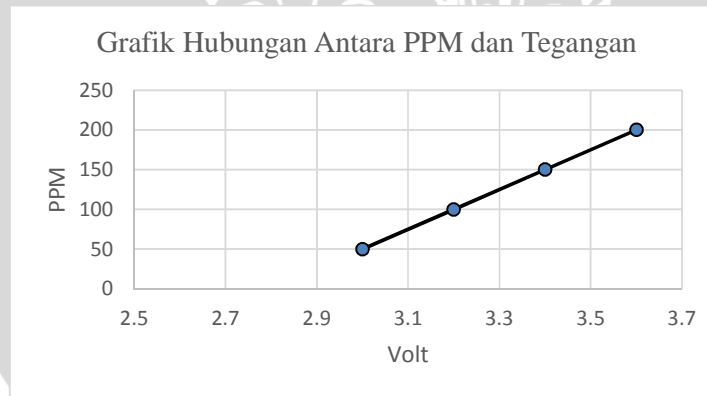
5.1.3 Hasil Pengujian

Hasil pengujian dapat dilihat dalam Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Sensor Asap MQ2

No.	PPM	Teg (v)
1	50	3.0
2	100	3.2
3	150	3.4
4	200	3.6

Dari data Tabel 5.1 dapat digambarkan dalam bentuk grafik seperti dalam Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Grafik Hubungan PPM dan Tegangan

Dari grafik dalam Gambar 5.2 terlihat bahwa semakin tinggi nilai kandungan asap maka tegangan sensor juga semakin naik.

5.2 Pengujian *Liquid Crystal Display (LCD)*

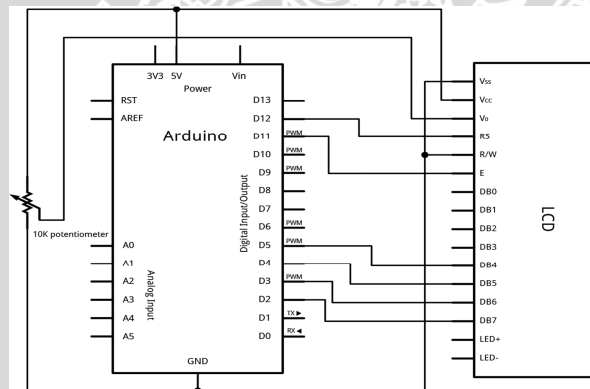
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah LCD berjalan dengan baik agar dapat menampilkan nilai kandungan asap dan waktu *valve* untuk menutup.

5.2.1 Peralatan Pengujian

- Kabel *male to male*
- Pin *header*
- Arduino Uno
- 10K potensiometer
- LCD
- Laptop

5.2.2 Prosedur Pengujian

Pengujian dilakukan dengan cara menghubungkan setiap pin header LCD ke arduino seperti dalam Gambar 5.3. kemudian memasukkan program LCD yang ada pada arduino.



Gambar 5.3 Rangkaian LCD Arduino

5.2.3 Hasil Pengujian

Setelah melakukan prosedur pengujian kemudian didapatkan hasil pengujian LCD dalam Gambar 5.4 dan 5.5.



Gambar 5.4 Hasil Pengujian LCD

```

HelloWorld
// include the library code:
#include <LiquidCrystal.h>

// initialize the library with the numbers of the interface
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);

void setup() {
  // set up the LCD's number of columns and rows:
  lcd.begin(16, 2);
  // Print a message to the LCD.
  lcd.print("hello, world!");
}

void loop() {
  // set the cursor to column 0, line 1
  // (note: line 1 is the second row, since counting begins
  // with 0):
  lcd.setCursor(0, 1);
  // print the number of seconds since reset:
  lcd.print("1.2.3.4.5.6.7.8.9.0.");
}
    
```

Gambar 5.5 Program LCD

5.3 Pengujian Sensor *Limit Switch*

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah sensor *limit switch1* dan *limit switch2* berjalan dengan baik apabila diberi logika *low* dan *high*.

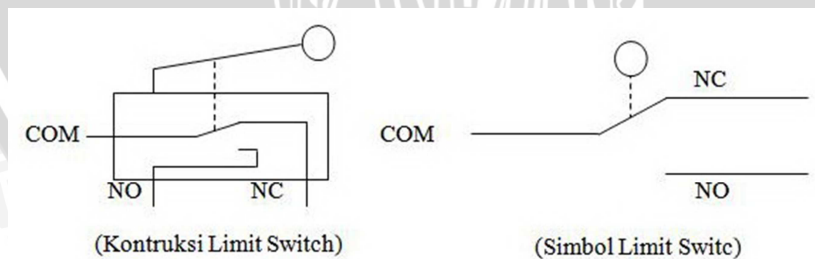
5.3.1 Peralatan Pengujian

Peralatan pengujian terdiri dari:

- Kabel *male to male*
- Terminal *screw*
- Sensor *limit switch*
- Laptop
- Arduino
- Multimeter

5.3.2 Prosedur Pengujian

Pengujian ini dilakukan dengan cara menghubungkan tiap-tiap kaki sensor ke arduino seperti yang terlihat dalam Gambar 5.6.



Gambar 5.6 Konstruksi *Limit Switch*

Dengan menghubungkan kaki NO ke 5VDC kemudian kaki NC ke GND dan kaki COM ke pin arduino.

5.3.3 Hasil Pengujian

Dari hasil pengujian *limit switch* dapat diketahui bahwa pada saat *limit switch* ketika tidak ditekan, tegangan keluarannya sebesar 4,67 volt. Hal ini disebabkan karena masukan dari kaki arduino langsung terhubung Vcc sehingga logika yang dideteksi arduino akan *high*. Sedangkan pada saat *limit switch* ditekan maka tegangan keluaran rangkaian sensor *limit switch* sebesar 0,09V, hal ini disebabkan karena keluaran rangkaian sensor *limit switch* terhubung dengan ground, sehingga logika keluaran yang dideteksi arduino adalah logika *low*. Dengan hasil pengujian di atas dapat disimpulkan bahwa rangkaian *limit switch* telah bekerja dengan baik. Program *limit switch* ditunjukkan dalam Gambar 5.7.

```
tes
n=50;
digitalWrite(Relay, LOW);
Serial.print("\n");
Serial.print(LIMIT_OPEN);
Serial.print("\n");
Serial.print(LIMIT_CLOSE);
Serial.print("\n");
Serial.println(nilaiAsap);

//      if (nilaiAsap < 279)
//          //lcd.clear();
//          //lcd.setCursor(0,0);
//          //lcd.print("GAS:UNDETECT");
//          //delay(200);
//          //lcd.clear();

while (nilaiAsap >= 280) //LIMIT_OPEN = LOW &&
{
    while (LIMIT_CLOSE == LOW)
```

Gambar 5.7 Program *Limit Switch*

5.4 Pengujian Relay

Sama seperti sensor *limit switch*, relay merupakan suatu rangkaian *switch* yang apabila mendapatkan *trigger* maka akan berubah posisi logika. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah relay berjalan sesuai dengan yang diharapkan.

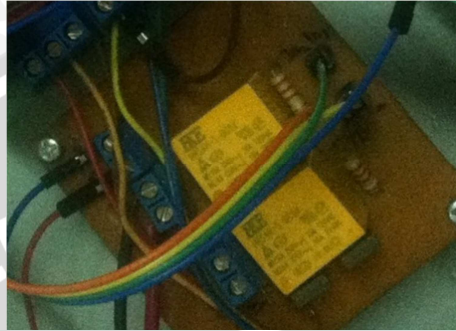
5.4.1 Peralatan Pengujian

Peralatan yang digunakan adalah:

- Driver Relay
- Kabel *male to male*
- Switching AC/DC 12V
- Terminal *screw*
- Laptop
- Arduino
- Multimeter

5.4.2 Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian relay dilakukan dengan cara menghubungkan kaki relaynya seperti dalam Gambar 5.8. Kabel kuning dihubungkan ke GND setelah itu kabel orange dihubungkan ke *switching* 12V dan kabel hijau dimasukkan ke pin arduino.



Gambar 5.8 Perancangan Relay

5.4.3 Hasil Pengujian

Setelah melakukan prosedur pengujian, maka didapatkan nilai tegangan dari relay pada setiap logika NO(*normally open*) atau NC(*normally closed*) yang terlihat dalam Tabel 5.2. Sehingga dapat disimpulkan bahwa relay telah berjalan dengan baik. Program untuk pengujian relay ditunjukkan dalam Gambar 5.9.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Relay

No	Masukan Logika	Keluaran Relay
1	Low (0)	0 v
2	High (1)	4.73 v

```

tes
(
  lcd.cursor();
  Serial.begin(9600);
  Wire.begin();
  pinMode(LS_CLOSE, INPUT);
  pinMode(LS_OPEN, INPUT);
  pinMode(Relay, OUTPUT);

  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0,4);
  lcd.print("SHUTDOWN");
  lcd.setCursor(1,5);
  lcd.print("VALVE");
  delay(1000);

  Serial.print("LIMIT SWITCH");
  Serial.print("\t");
  Serial.print("Sensor Asep");
  Serial.println("\t");
)

```

Gambar 5.9 Program Relay Arduino

5.5 Pengujian *Digital Analog Converter (DAC)* PCF8591P

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui besar kecilnya *output* tegangan yang dikeluarkan oleh Arduino Uno dengan mengatur *Pulse Width Modulation* (PWM) dengan range 0-255.

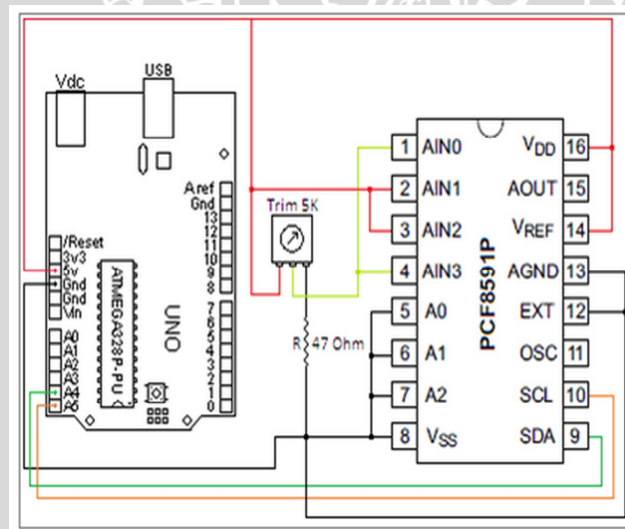
5.5.1 Peralatan Pengujian

Peralatan pengujian terdiri dari:

- Laptop
- Arduino Uno
- Rangkaian DAC PCF8591P
- Multimeter

5.5.2 Prosedur Pengujian

Pengujian dilakukan dengan menghubungkan rangkaian DAC PCF8591P ke Arduino Uno pin A4(SDA) dan A5(SCL), kemudian menyambungkan port Arduino Uno dengan laptop seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5.10. Dengan program PCF8591P kemudian diatur menggunakan PWM untuk mengetahui besar kecilnya tegangan.



Gambar 5.10 Rangkaian PCF Menggunakan Arduino

Sumber: (Perancangan, 2014)

5.5.3 Hasil Pengujian

Setelah melakukan prosedur pengujian, maka didapatkan hasil untuk tegangan keluaran Arduino Uno yang ditunjukkan dalam Tabel 5.3.

Persamaan untuk nilai perhitungan adalah:

$$pwm(\text{maks}) - pwm(\text{min}) = teg(\text{maks}) - teg(\text{min}) \quad (1)$$

$$255 - 0 = 4.57 - 0.02 \quad (2)$$

$$PWM \frac{100}{255} = \frac{x}{4.55} \quad (3)$$

$$x = \frac{455}{255} = 1.78\text{volt} \quad (4)$$

Tabel 5.3 Hasil Pengujian DAC PCF8591P

(Sumber: Pengujian, 2014)

No	PWM	Tegangan (volt)	Perhitungan(volt)
1	10	0.16	0.18
2	20	0.34	0.36
3	30	0.52	0.53
4	50	0.89	0.89
5	70	1.25	1.24
6	80	1.43	1.42
7	90	1.61	1.60
8	100	1.80	1.78
9	110	1.97	1.95
10	120	2.16	2.13
11	130	2.34	2.31
12	140	2.51	2.49
13	150	2.69	2.66
14	170	3.05	3.03
15	190	3.40	3.37
16	200	3.58	3.55
17	220	3.94	3.95
18	240	4.28	4.26
19	255	4.57	4.54

Program untuk melakukan pengujian ditunjukkan dalam Gambar 5.11.

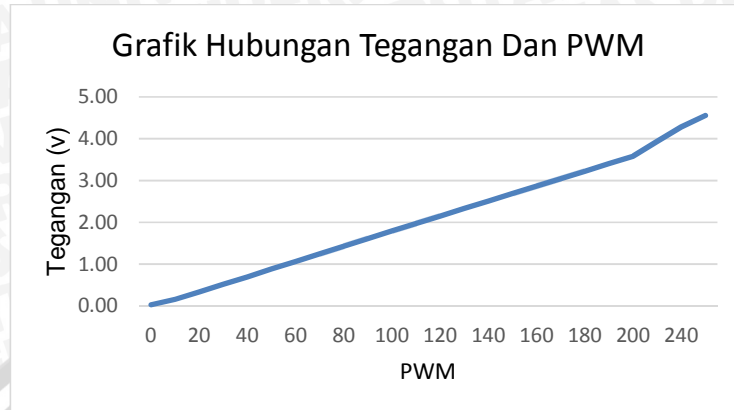
```

PCF | Arduino 1.0.5-r2
File Edit Sketch Tools Help
PCF
#include "Wire.h"
#define PCF8591P (0x90 >>1) //I2C bus address
void setup ()
{
  Wire.begin();
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("START");
}
void loop ()
{
  for (int i=0; i<256; i++)
  {
    Wire.beginTransmission(PCF8591P); //wake up pcf
    Wire.write(0x40); //control byte -turn on DAC
    Wire.write(i); //value to send to DAC
    Wire.endTransmission(); //end transmission
    Serial.println(i);
    delay(500);
  }
}
  
```

Gambar 5.11 Program PCF8591P

(Sumber: Pengujian, 2014)

Grafik pengujian DAC PCF8591P ditunjukkan dalam Gambar 5.12.



Gambar 5.12 Grafik Hubungan PWM dan Tegangan
(Sumber: Pengujian, 2014)

Dari hasil pengujian yang dilakukan, semakin besar *setting* angka PWM yang dilakukan, maka *output* tegangan yang dikeluarkan juga semakin besar.

5.6 Pengujian V/I Converter

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui arus *output* V/I converter apabila diberi tegangan *input* yang berbeda-beda.

5.6.1 Peralatan Pengujian

Peralatan pengujian terdiri dari:

- Laptop
- Arduino Uno
- Rangkaian DAC PCF8591P
- Rangkaian V/I converter
- Multimeter

5.6.2 Prosedur Pengujian

Seperti pada pengujian pada rangkaian DAC, pengujian dilakukan dengan menghubungkan rangkaian DAC PCF8591P ke Arduino Uno, kemudian menyambungkan port Arduino Uno dengan laptop. Pada rangkaian DAC PCF8591P, kaki ke-15 pada IC yang merupakan AOUT dihubungkan dengan kaki ke-1 pada IC rangkaian V/I converter yang merupakan *input* positif tegangan. Sedangkan kaki ke-13 yang merupakan AGND pada IC rangkaian DAC PCF8591P, dihubungkan dengan kaki ke-2 pada IC rangkaian V/I converter yang

merupakan *input* negatif tegangan. Dengan program PCF8591P kemudian diatur menggunakan PWM untuk mengetahui besar kecilnya tegangan untuk kemudian dikonversi menjadi arus.

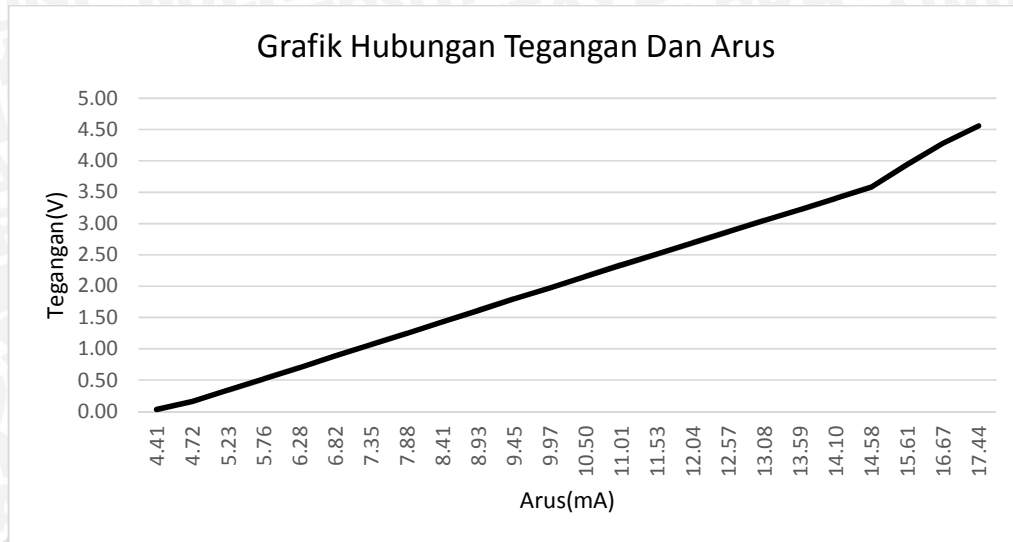
5.6.3 Hasil Pengujian

Setelah melakukan prosedur pengujian, maka didapatkan hasil untuk tegangan keluaran untuk dikonversi menjadi arus oleh *V/I converter* yang ditunjukkan dalam Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Hasil Pengujian V/I Converter
(Sumber : Pengujian, 2014)

No	Masukan (Volt)	Keluaran (mA)
1	0.16	4.72
2	0.34	5.23
3	0.52	5.76
4	0.89	6.82
5	1.25	7.88
6	1.43	8.41
7	1.61	8.93
8	1.80	9.45
9	1.97	9.97
10	2.16	10.50
11	2.34	11.01
12	2.51	11.53
13	2.69	12.04
14	3.05	13.08
15	3.40	14.10
16	3.58	14.58
17	3.94	15.61
18	4.28	16.67
19	4.57	17.44

Grafik pengujian *V/I converter* ditunjukkan dalam Gambar 5.13.



Gambar 5.13 Grafik Hubungan Tegangan dan Arus
(Sumber: Pengujian, 2014)

Dari hasil pengujian yang dilakukan, semakin besar tegangan yang dikeluarkan, maka hasil konversi ke arus juga semakin besar.

5.7 Pengujian *Electro-Pneumatic Regulator*

Pengujian dilakukan untuk mengetahui besar tekanan apabila *electro-pneumatic regulator* diberi arus masukan yang berbeda-beda.

5.7.1 Peralatan Pengujian

Peralatan pengujian terdiri dari:

- Laptop
- Arduino Uno
- Rangkaian DAC PCF8591P
- Rangkaian V/I *converter*
- *Electro-pneumatic regulator*
- *Switching AC/DC 12V*

5.7.2 Prosedur Pengujian

Melakukan prosedur pengujian yang sama dengan pengujian sebelumnya, yaitu merangkai sistem seperti pengujian V/I *converter*, kemudian kaki ke-7 pada IC V/I *converter* disambungkan pada kabel berwarna putih yang merupakan *input* dari *electro-pneumatic regulator*. Sedangkan kaki ke-12 pada IC V/I *converter* disambungkan pada kabel warna biru yang merupakan GND dari *electro-*

pneumatic regulator. Switching AC/DC 12V digunakan sebagai *supply electro-pneumatic regulator* dengan cara menyambungkan *output* positif DC ke kabel warna coklat dan *output* negatif DC ke kabel warna biru pada *electro-pneumatic regulator*.

5.7.3 Hasil Pengujian

Setelah dilakukan prosedur pengujian, maka didapatkan hasil untuk tekanan yang dikeluarkan *electro-pneumatic regulator* dari *input* arus yang berbeda-beda yang ditunjukkan dalam Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Hasil Pengujian *Electro-Pneumatic Regulator*
(Sumber : Pengujian, 2014)

No.	Masukan (mA)	Keluaran (Mpa)	Keluaran (bar)	Keluaran (V)
1	4.72	0.139	1.39	1.57
2	5.23	0.143	1.43	1.589
3	5.76	0.148	1.48	1.609
4	6.82	0.158	1.58	1.647
5	7.88	0.169	1.69	1.688
6	8.41	0.174	1.74	1.708
7	8.93	0.179	1.79	1.727
8	9.45	0.184	1.84	1.747
9	9.97	0.190	1.9	1.767
10	10.50	0.194	1.94	1.787
11	11.01	0.20	2	1.806
12	11.53	0.205	2.05	1.826
13	12.04	0.210	2.1	1.846
14	13.08	0.220	2.2	1.885
15	14.10	0.230	2.3	1.925
16	14.58	0.233	2.33	1.944
17	15.61	0.244	2.44	1.984
18	16.67	0.254	2.54	2.024
19	17.44	0.266	2.66	2.053

Program untuk melakukan pengujian *electro-pneumatic regulator* ditunjukkan dalam Gambar 5.14.

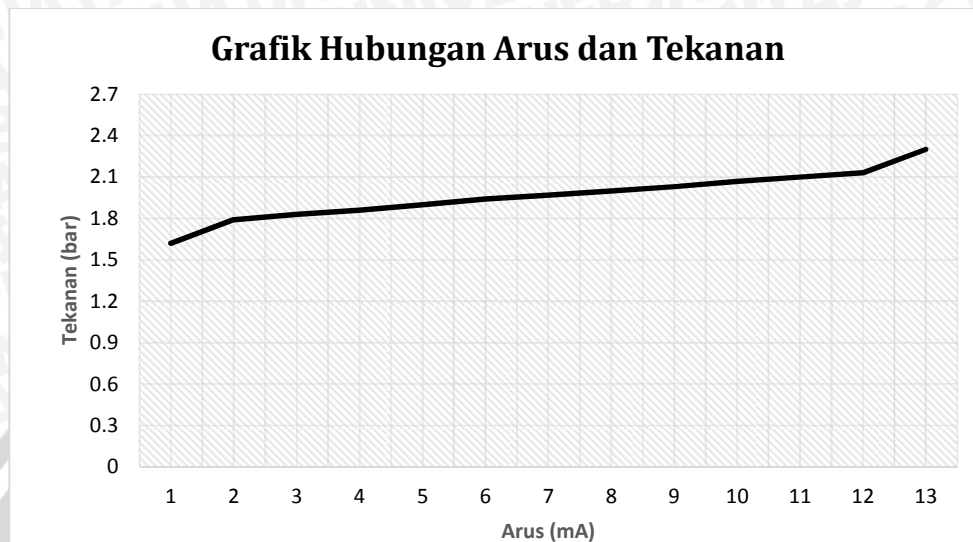
```

PCF | Arduino 1.0.5-r2
File Edit Sketch Tools Help
PCF
#include "Wire.h"
#define PCF8591P (0x90 >>1) //I2C bus address
void setup ()
{
  Wire.begin();
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("START");
}
void loop ()
{
  for (int i=0; i<256; i++)
  {
    Wire.beginTransmission(PCF8591P); //wake up pcf
    Wire.write(0x40); //control byte - turn on DAC
    Wire.write(i); //value to send to DAC
    Wire.endTransmission();
    Serial.println(i); //end transmission
    delay(500);
  }
}
  
```

Gambar 5.14 Program PCF 8591P
(Sumber: Pengujian, 2014)

Grafik pengujian *electro-pneumatic regulator* ditunjukkan dalam Gambar

5.15.



Gambar 5.15 Grafik Hubungan Tekanan dan Arus

(Sumber: Pengujian, 2014)

Dari hasil pengujian yang dilakukan, semakin besar arus yang dikeluarkan maka tekanan yang dihasilkan oleh *electro-pneumatic regulator* juga semakin besar.

5.8 Pengujian Sistem Keseluruhan

Pengujian keseluruhan dilakukan untuk mengetahui apakah sistem yang dirancang sudah sesuai dengan yang diharapkan. Dan juga untuk mengetahui kinerja kontroler dalam sistem.

5.8.1 Peralatan Pengujian

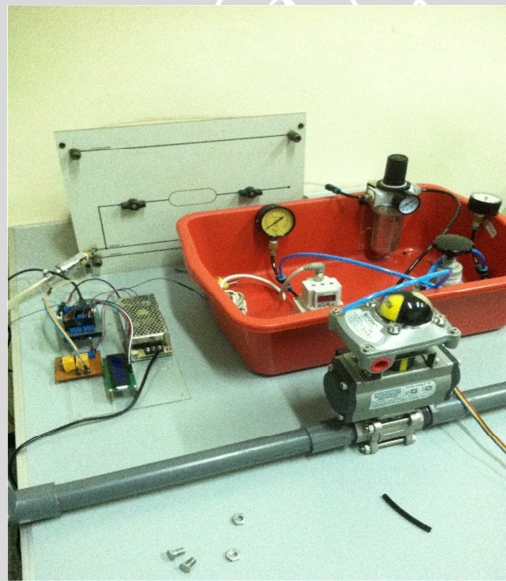
Peralatan pengujian terdiri atas:

- Laptop
- Arduino Uno
- Rangkaian Modul Asap MQ-2
- Rangkaian Relay
- Rangkaian Sensor *Limit Switch*
- Rangkaian DAC PCF 8591P
- Rangkaian V/I Converter
- *Electro-Pneumatic Regulator*

- *Switching AC/DC 12V*
- *Liquid Crystal Display (LCD)*
- Galon Air dan pipa saluran berdiameter 1 inci.
- *Emergency Shutdown Valve*

5.8.2 Prosedur Pengujian

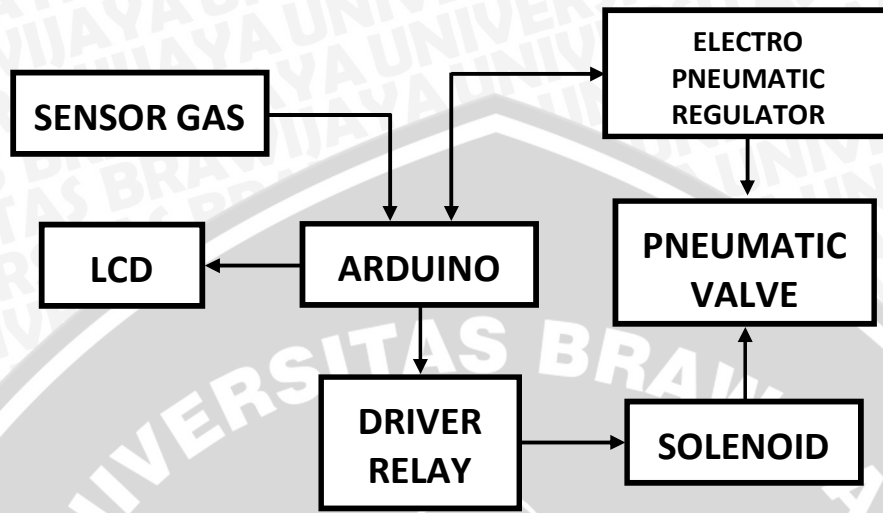
Pengujian dilakukan dengan merangkai peralatan seperti dalam Gambar 5.16 dan kemudian memasukkan program *logic* kontroler untuk dieksekusi pada *software* Arduino Uno. Mekanismenya, terdapat 3 macam pengujian yaitu dengan tanpa *disturbance*, debit air 10m³/menit, dan debit air 17m³/menit. Pengujian ini dilakukan dengan tujuan mengetahui bahwa sistem ini bisa digunakan ketika terdeteksi adanya asap maka kontroler akan *on* dan akan menutup selama 6 detik walaupun diberi gangguan air.



Gambar 5.16 Rancangan Rangkaian Pengujian Keseluruhan Sistem

(Sumber: Pengujian, 2014)

Blok Diagram untuk pengujian keseluruhan ditunjukkan dalam Gambar 5.17.



Gambar 5.17 Blok Diagram Pengujian Sistem

5.8.3 Hasil Pengujian

Dalam pengujian keseluruhan, sistem akan bekerja *on* apabila sensor gas sudah mendeteksi adanya gas atau asap. Kemudian sistem mulai bekerja dengan arduino sebagai kontroler utama yang menerima masukan dari sensor asap dan sensor tekanan lalu mengeluarkan sinyal kontrol pada *electro pneumatic regulator* untuk mengatur besarnya tekanan yang akan masuk pada *pneumatic valve*. Selain itu arduino juga akan menampilkan tampilan waktu *stopwatch* pada LCD.

A. Pengujian Tanpa *Disturbance*

Pengujian tanpa *disturbance* bertujuan untuk melihat respon kontroler terhadap sistem dimana *pneumatic valve* tidak diberikan gangguan berupa aliran air. Hasil pengujian keseluruhan tanpa *disturbance* ditunjukkan dalam Tabel 5.6, Gambar 5.18 dan Gambar 5.19.

Tabel 5.6 Data Pengujian Kontroler Tanpa *Disturbance*

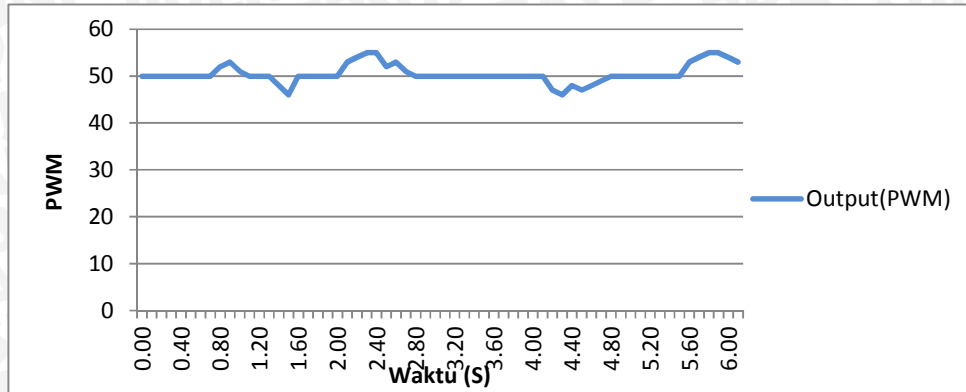
Waktu (S)	Nilai (ADC)	Sensor (ADC)	Output(PWM)	Error (ADC)
0.00	326	326	50	0
0.10	326	326	50	0
0.20	326	326	50	0
0.30	326	326	50	0
0.40	326	326	50	0

Waktu (s)	ADC	ADC Sensor	Ouput PWM	Error (ADC)
0.50	326	326	50	0
0.60	326	326	50	0
0.70	326	326	50	0
0.80	326	334	52	-8
0.90	326	338	53	-12
1.00	326	330	51	-4
1.10	326	326	50	0
1.20	326	326	50	0
1.30	326	326	50	0
1.40	326	318	48	8
1.50	326	310	46	16
1.60	326	326	50	0
1.70	326	326	50	0
1.80	326	326	50	0
1.90	326	326	50	0
2.00	326	326	50	0
2.10	326	338	53	-12
2.20	326	342	54	-16
2.30	326	346	55	-20
2.40	326	346	55	-20
2.50	326	334	52	-8
2.60	326	338	53	-12
2.70	326	330	51	-4
2.80	326	326	50	0
2.90	326	326	50	0
3.00	326	326	50	0
3.10	326	326	50	0
3.20	326	326	50	0
3.30	326	326	50	0
3.40	326	326	50	0
3.50	326	326	50	0

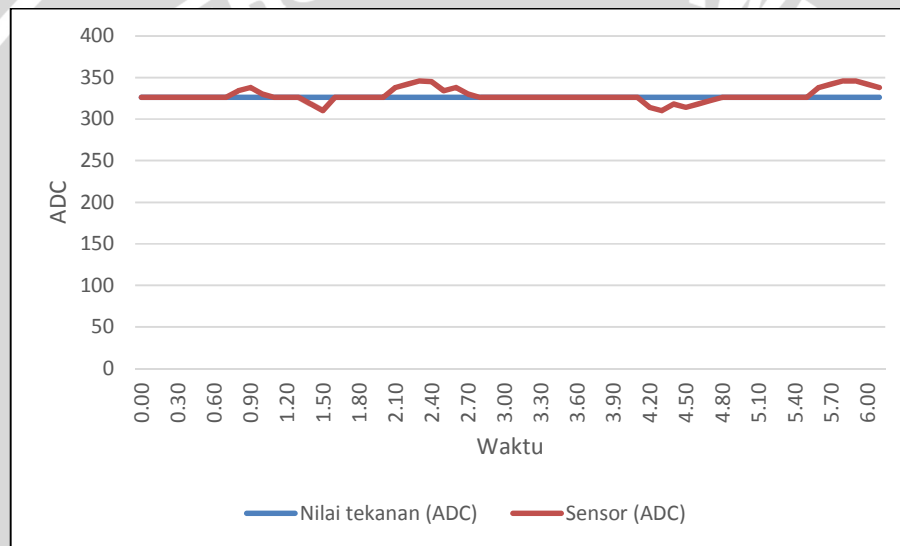


Waktu(s)	ADC	ADC Sensor	Ouput PWM	Error (ADC)
3.60	326	326	50	0
3.70	326	326	50	0
3.80	326	326	50	0
3.90	326	326	50	0
4.00	326	326	50	0
4.10	326	326	50	0
4.20	326	314	47	12
4.30	326	310	46	16
4.40	326	318	48	8
4.50	326	314	47	12
4.60	326	318	48	8
4.70	326	322	49	4
4.80	326	326	50	0
4.90	326	326	50	0
5.00	326	326	50	0
5.10	326	326	50	0
5.20	326	326	50	0
5.30	326	326	50	0
5.40	326	326	50	0
5.50	326	326	50	0
5.60	326	338	53	-12
5.70	326	342	54	-16
5.80	326	346	55	-20
5.90	326	346	55	-20
6.00	326	342	54	-16
6.10	326	338	53	-12





Gambar 5.18 Grafik PWM Terhadap Waktu



Gambar 5.19 Grafik Nilai ADC Terhadap Waktu

Berdasarkan data dan grafik pada pengujian tanpa *disturbance* menunjukkan bahwa sistem bekerja sesuai perancangan menggunakan metode kontrol *on-off*. Hal ini ditunjukkan dengan adanya osilasi pada grafik nilai PWM dan pembacaan sensor melalui ADC. Pada pengujian tersebut dapat dilihat nilai *error* batas atas adalah sebesar 8 dan *error* batas bawah sebesar -20. Sedangkan *error* waktu penutupan *valve* adalah sebesar 0.1 s atau sebesar 1.66%.

$$\begin{aligned}
 \% \text{ error} &= \frac{|Rd - Sd|}{Sd} \times 100\% \\
 &= \frac{|6.1 - 6|}{6} \times 100\% \\
 &= 0.016 \times 100\% \\
 &= 1.6\%
 \end{aligned}$$

Keterangan: R_d = Nilai sebenarnya *valve* tertutup
 S_d = Nilai waktu yang diinginkan

B. Pengujian Dengan *Disturbance* ($10\text{m}^3 / \text{menit}$)

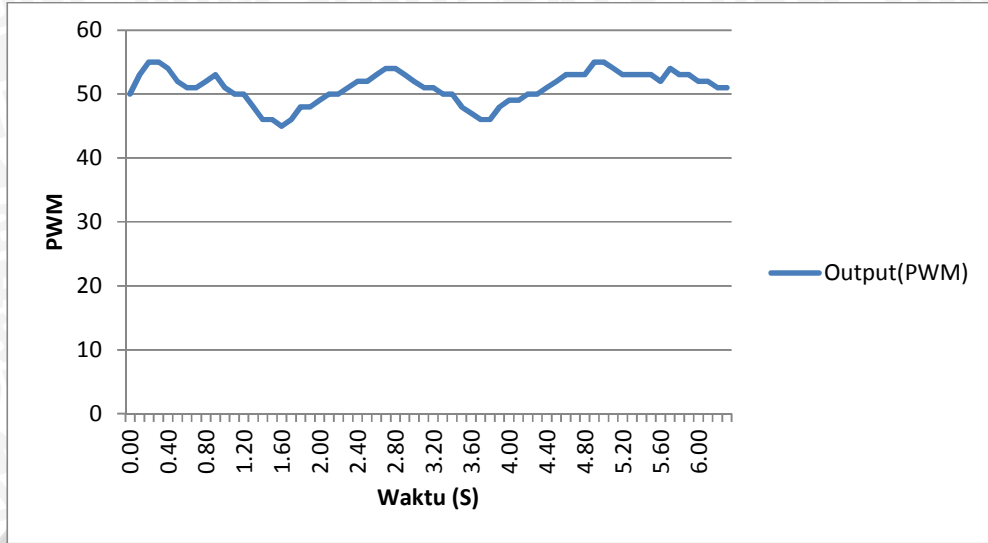
Pengujian sistem dengan menggunakan *disturbance* bertujuan untuk melihat respon kontroler terhadap sistem dimana *pneumatic valve* diberikan gangguan berupa aliran air sebesar $10\text{ m}^3/\text{menit}$. Hasil pengujian ditunjukkan dalam Tabel 5.7, Gambar 5.20 dan Gambar 5.21.

Tabel 5.7 Data Pengujian Kontroler Menggunakan *Disturbance* $10\text{m}^3 / \text{menit}$

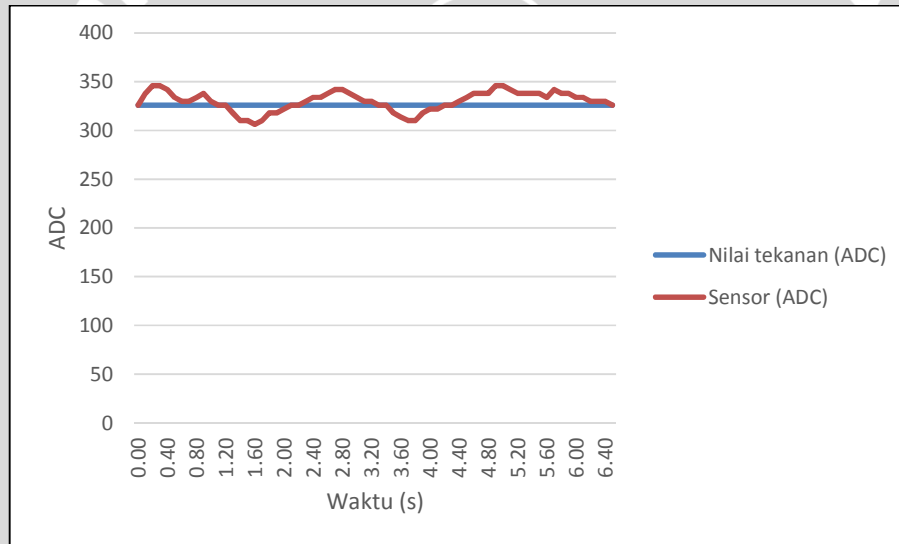
Waktu (S)	Nilai (ADC)	Output(PWM)	Sensor (ADC)	Error (ADC)
0.00	326	50	326	0
0.10	326	53	338	-12
0.20	326	55	346	-20
0.30	326	55	346	-20
0.40	326	54	342	-16
0.50	326	52	334	-8
0.60	326	51	330	-4
0.70	326	51	330	-4
0.80	326	52	334	-8
0.90	326	53	338	-12
1.00	326	51	330	-4
1.10	326	50	326	0
1.20	326	50	326	0
1.30	326	48	318	8
1.40	326	46	310	16
1.50	326	46	310	16
1.60	326	45	306	20
1.70	326	46	310	16
1.80	326	48	318	8
1.90	326	48	318	8
2.00	326	49	322	4
2.10	326	50	326	0
2.20	326	50	326	0
2.30	326	51	330	-4
2.40	326	52	334	-8
2.50	326	52	334	-8
2.60	326	53	338	-12
2.70	326	54	342	-16
2.80	326	54	342	-16
2.90	326	53	338	-12
3.00	326	52	334	-8

Waktu (S)	Nilai (ADC)	Output(PWM)	Sensor (ADC)	Error (ADC)
3.10	326	51	330	-4
3.20	326	51	330	-4
3.30	326	50	326	0
3.40	326	50	326	0
3.50	326	48	318	8
3.60	326	47	314	12
3.70	326	46	310	16
3.80	326	46	310	16
3.90	326	48	318	8
4.00	326	49	322	4
4.10	326	49	322	4
4.20	326	50	326	0
4.30	326	50	326	0
4.40	326	51	330	-4
4.50	326	52	334	-8
4.60	326	53	338	-12
4.70	326	53	338	-12
4.80	326	53	338	-12
4.90	326	55	346	-20
5.00	326	55	346	-20
5.10	326	54	342	-16
5.20	326	53	338	-12
5.30	326	53	338	-12
5.40	326	53	338	-12
5.50	326	53	338	-12
5.60	326	52	334	-8
5.70	326	54	342	-16
5.80	326	53	338	-12
5.90	326	53	338	-12
6.00	326	52	334	-8
6.10	326	52	334	-8
6.20	326	51	330	-4
6.30	326	51	330	-4
6.40	326	51	330	-4
6.50	326	50	326	0





Gambar 5.20 Grafik PWM Terhadap Waktu



Gambar 5.21 Grafik Nilai ADC Terhadap Waktu

Berdasarkan data dan grafik pada pengujian menggunakan *disturbance* sebesar $10\text{m}^3 / \text{menit}$ menunjukkan bahwa sistem sudah bekerja sesuai metode yang digunakan. Hal ini ditunjukkan dengan adanya osilasi pada grafik nilai PWM dan pembacaan sensor melalui ADC. Pada grafik sistem menunjukkan bahwa kontroler tetap berusaha menjaga nilai tekanan yang diharapkan meskipun diberikan gangguan pada valve berupa aliran air sebesar $10\text{m}^3 / \text{menit}$. Pada pengujian tersebut dapat dilihat nilai *error* batas atas adalah sebesar 20 dan *error* batas bawah sebesar -20. Sedangkan *error* waktu penutupan valve adalah sebesar 0.5 s atau sebesar 8.33%.

$$\begin{aligned}
 \% \text{ error} &= \frac{|Rd - Sd|}{Sd} \times 100\% \\
 &= \frac{|6.5 - 6|}{6} \times 100\% \\
 &= 0.083 \times 100\% \\
 &= 8.3\%
 \end{aligned}$$

Keterangan: Rd = Nilai sebenarnya *valve* tertutup

Sd = Nilai waktu yang diinginkan

C. Pengujian Dengan *Disturbance* ($17\text{m}^3/\text{menit}$)

Pengujian sistem dengan menggunakan *disturbance* bertujuan untuk melihat respon kontroler terhadap sistem dimana *pneumatic valve* diberikan gangguan berupa aliran air sebesar $17\text{m}^3/\text{menit}$. Hasil pengujian ditunjukkan dalam Tabel 5.8, Gambar 5.22 dan Gambar 5.23.

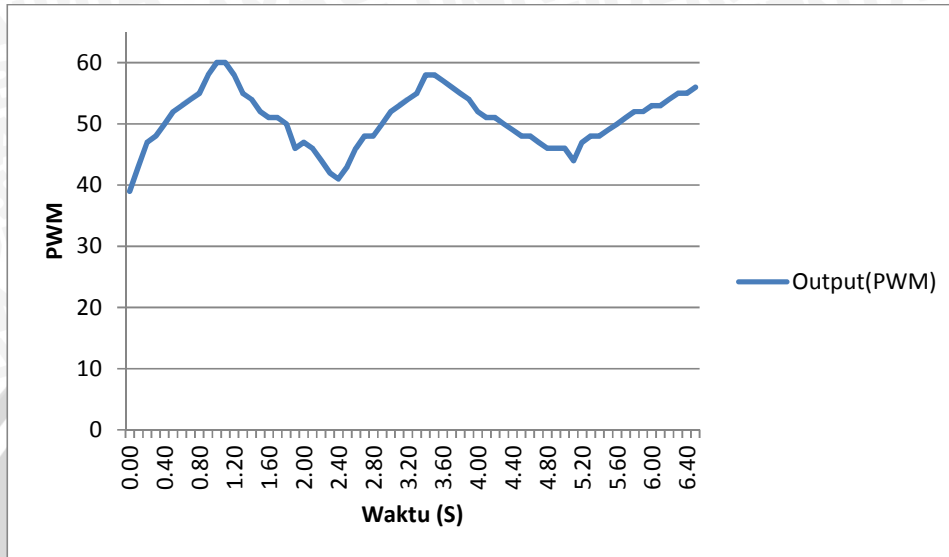
Tabel 5.8 Data Pengujian Kontroler Menggunakan *Disturbance* $17\text{m}^3/\text{menit}$

Waktu (S)	Nilai (ADC)	Output(PWM)	Sensor (ADC)	Error (ADC)
0.00	326	39	282	44
0.10	326	43	298	28
0.20	326	47	314	12
0.30	326	48	318	8
0.40	326	50	326	0
0.50	326	52	334	-8
0.60	326	53	338	-12
0.70	326	54	342	-16
0.80	326	55	346	-20
0.90	326	58	358	-32
1.00	326	60	366	-40
1.10	326	60	366	-40
1.20	326	58	358	-32
1.30	326	55	346	-20
1.40	326	54	342	-16
1.50	326	52	334	-8
1.60	326	51	330	-4
1.70	326	51	330	-4
1.80	326	50	326	0
1.90	326	46	310	16
2.00	326	47	314	12
2.10	326	46	310	16
2.20	326	44	302	24
2.30	326	42	294	32

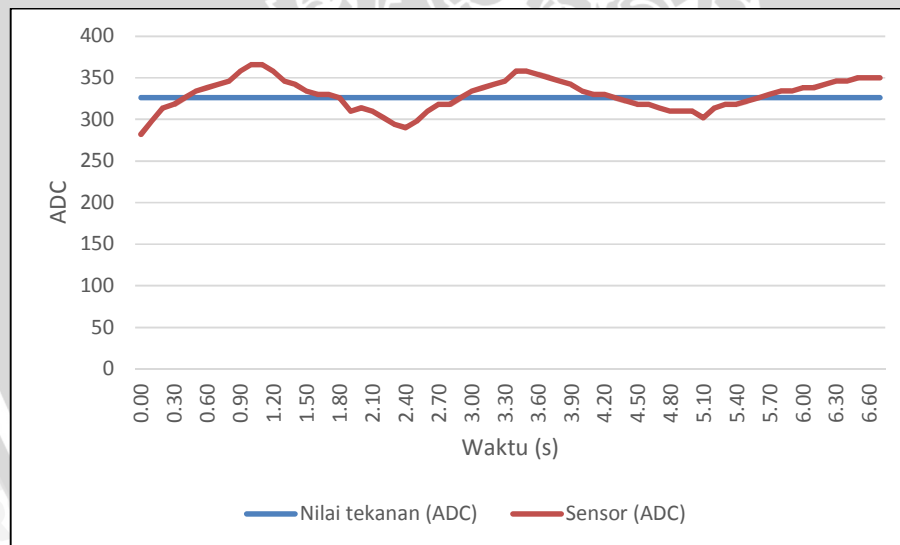
Waktu (S)	Nilai ADC	Output(PWM)	Sensor (ADC)	Error (ADC)
2.40	326	41	290	36
2.50	326	43	298	28
2.60	326	46	310	16
2.70	326	48	318	8
2.80	326	48	318	8
2.90	326	50	326	0
3.00	326	52	334	-8
3.10	326	53	338	-12
3.20	326	54	342	-16
3.30	326	55	346	-20
3.40	326	58	358	-32
3.50	326	58	358	-32
3.60	326	57	354	-28
3.70	326	56	350	-24
3.80	326	55	346	-20
3.90	326	54	342	-16
4.00	326	52	334	-8
4.10	326	51	330	-4
4.20	326	51	330	-4
4.30	326	50	326	0
4.40	326	49	322	4
4.50	326	48	318	8
4.60	326	48	318	8
4.70	326	47	314	12
4.80	326	46	310	16
4.90	326	46	310	16
5.00	326	46	310	16
5.10	326	44	302	24
5.20	326	47	314	12
5.30	326	48	318	8
5.40	326	48	318	8
5.50	326	49	322	4
5.60	326	50	326	0
5.70	326	51	330	-4
5.80	326	52	334	-8
5.90	326	52	334	-8
6.00	326	53	338	-12
6.10	326	53	338	-12
6.20	326	54	342	-16
6.30	326	55	346	-20
6.40	326	55	346	-20
6.50	326	56	350	-24
6.60	326	56	350	-24



Waktu (S)	Nilai ADC	Output(PWM)	Sensor (ADC)	Error (ADC)
6.70	326	56	350	-24



Gambar 5.22 Grafik PWM Terhadap Waktu



Gambar 5.23 Grafik ADC Terhadap Waktu

Berdasarkan data dan grafik pada pengujian menggunakan *disturbance* sebesar $17\text{m}^3 / \text{menit}$ menunjukkan bahwa sistem sudah bekerja sesuai metode yang digunakan. Hal ini ditunjukkan dengan adanya osilasi pada grafik nilai PWM dan pembacaan sensor melalui ADC. Pada grafik sistem menunjukkan bahwa kontroler tetap berusaha menjaga nilai tekanan yang diharapkan meskipun diberikan gangguan pada *valve* berupa aliran air sebesar $17\text{m}^3 / \text{menit}$. Pada

pengujian tersebut dapat dilihat nilai *error* batas atas adalah sebesar 44 dan *error* batas bawah sebesar -40. Sedangkan *error* waktu penutupan *valve* adalah sebesar 0.7 s atau sebesar 11.66%.

$$\begin{aligned}\% \text{ error} &= \frac{|Rd - Sd|}{Sd} \times 100\% \\ &= \frac{|6.7 - 6|}{6} \times 100\% \\ &= 1.116 \times 100\% \\ &= 11.6\%\end{aligned}$$

Keterangan: Rd = Nilai sebenarnya *valve* tertutup

Sd = Nilai waktu yang diinginkan



BAB VI PENUTUP

6.1 Kesimpulan

1. Dari hasil percobaan ketika terdeteksi adanya asap maka kontroler akan *on* kemudian didapatkan nilai PWM yang sesuai untuk menutup *valve* selama 6 detik sebesar 50 dan merupakan nilai yang diharapkan. Berdasarkan hasil pengujian dengan 3 macam cara (tanpa *disturbance*, debit $10\text{m}^3/\text{menit}$, $17\text{m}^3/\text{menit}$) kontroler dapat menyesuaikan agar proses menutup sesuai dengan nilai yang diharapkan dan memiliki *error* tertutup sebesar 1.66, 8.33, 11.66%.
2. Setelah *valve* tertutup dengan rapat dapat dilihat ketika sensor *limit switch* berpindah logika sehingga pengujian terhadap keseluruhan sistem menunjukkan bahwa pengendalian waktu *shutdown valve* berbasis *pneumatic* menggunakan arduino uno ATmega 328 sesuai dengan tujuan penelitian meskipun memiliki nilai *error*.

6.2 Saran

Dalam perancangan dan pembuatan alat ini masih terdapat kelemahan. Untuk memperbaiki kinerja alat dan pengembangan lebih lanjut disarankan :

1. Penelitian ini dapat dikembangkan untuk mengetahui posisi sudut dari *valve* bila diberikan tambahan komponen seperti potensiometer linier sehingga dapat mencari parameter dengan kontroler lain.
2. Diperlukan modul komunikasi lain seperti DCS, PLC yang memiliki *durability* yang lebih baik daripada arduino uno.

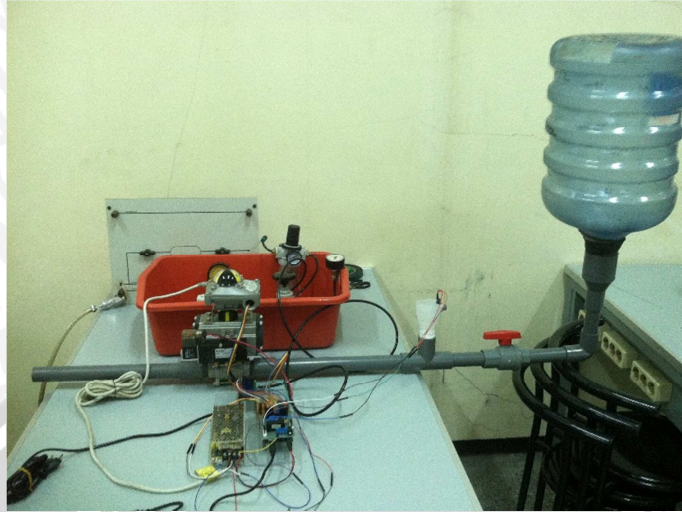
DAFTAR PUSTAKA

- Ogata, Katsuhiko. 1997. *Teknik Kontrol Automatik (Sistem Pengaturan)*. Jakarta: Erlangga.
- Gunterus, Frans. *Falsafah Dasar Sistem Pengendalian Proses*. Jakarta, 1994.
- PT.PUCO. *Handbook for BAP-Controls*. Jakarta, 2002.
- PT.PUCO. *Emergency Shutdown Valve Self Guide*. Jakarta, 2006.
- Croser, P dan Ehel.F, 1992, *Pneumatik*, Festo Didactic, Esslingen.
- Festo Didactic, *Pneumatic Basic Level, TP101*, Text Book.
- Sugihartono, 1985. *Dasar-Dasar Kontrol Pneumatik*. Tarsito, Bandung.
- Wikipedia, 2014, *Emergency Shutdown Valve* [online], (http://en.wikipedia.org/wiki/Shut_down_valve, diakses 28 Juli 2014).
- Yana, Ade A. 2014. *Metode Root Locus Untuk Mencari Parameter PID Dalam Pengendalian Posisi Stamping Rod Berbasis Pneumatic Menggunakan Arduino Uno*. Universitas Brawijaya.
- SMC Corporation. 2012. *CM2 datasheet manual.pdf*
- SMC. *The Pneubook*. SMC Corporation.
- Waller, D., Werner, H. 2002. *Pneumatics Workboos Basic Level*. Festo Didactic GmbH & Co.
- Marco, Da. 2013. *Arduino - PCF8591* [online], (<http://logicprogrammable.it/arduino-usare-integrato-pcf8591/> diakses tanggal 22 September 2014).

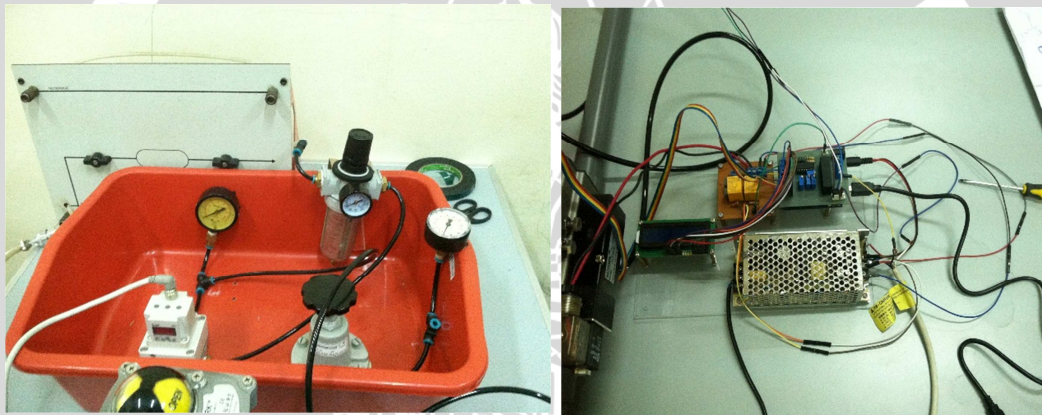
LAMPIRAN 1

Foto Alat





Gambar 1. Gambar Alat Tampak Depan



Gambar 2. Gambar Sistem *Pneumatic* Tampak Atas



Gambar 3. Gambar Sistem Tampak Belakang

LAMPIRAN 2
Listing Program



```
//INISIALISASI SISTEM
```

```
#include "Wire.h" //for PCF
```

```
#define PCF8591P (0x90 >>1) //I2C bus address //for PCF
```

```
#include <LiquidCrystal.h>
```

```
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);
```

```
float vol, Start, Time;
```

```
int PWM = 50; //Nilai yang diharapkan
```

```
int nilaiAsap, nilaiTekanan, n=0;
```

```
int Relay = 7;
```

```
int LS_CLOSE = 9; //Limit Switch Pada Kondisi Close
```

```
int LS_OPEN = A1; //Limit Switch Pada Kondisi Open
```

```
int sensorAsap = A2; //Sensor Asap
```

```
int sensorTekanan = A3; //Sensor Tekanan
```

```
int LIMIT_OPEN, LIMIT_CLOSE = 0;
```

```
void setup()
```

```
{
```

```
Serial.begin(9600);
```

```
Wire.begin();
```

```
pinMode(LS_CLOSE, INPUT);
```

```
pinMode(LS_OPEN, INPUT);
```

```
pinMode(Relay, OUTPUT);
```

```
lcd.clear();
```

```
lcd.setCursor(4,0);
```

```
lcd.print("SHUTDOWN");
```

```
lcd.setCursor(5,1);
```

```
lcd.print("VALVE");
```

```
delay(1000);
```

```
Serial.print("WAKTU");
```

```
Serial.print("\t");  
Serial.print("Sensor Asap");  
Serial.print("\t");  
Serial.print("PWM");  
Serial.println("\t");  
}
```

```
void loop ()  
{  
  Start = millis()/1000;  
  baca_limit();  
  baca_asap();  
  n=50;  
  
  Serial.print("\t");  
  Serial.println(nilaiAsap);  
  Serial.print("\t");  
  Serial.println(n);  
  
  if (nilaiAsap < 279)  
    lcd.clear();  
    lcd.setCursor(0,0);  
    lcd.print("GAS:UNDETECT");  
    delay(200);  
    lcd.clear();  
  
  while (LIMIT_OPEN <= 10 && nilaiAsap >= 280) //LIMIT_OPEN = LOW  
&& && nilaiAsap >= 280  
  {  
    Time = ((millis()/1000)-Start);
```

```
lcd.clear();  
lcd.setCursor(0,0);  
lcd.print("GAS:DETECT");  
lcd.setCursor(1,0);  
lcd.print(Time);  
digitalWrite(Relay, HIGH);
```

```
baca_asap();  
baca_tekanan();
```

```
    if (nilaiTekanan > PWM)  
    {  
        n--;  
        nilai_PCF();  
    }  
    if (nilaiTekanan < PWM)  
    {  
        n++;  
        nilai_PCF;  
    }
```

```
Serial.print(Time);  
Serial.print("\t");  
Serial.print(nilaiTekanan);  
Serial.print("\t");  
Serial.println(n);  
delay(50);  
}
```

```
//FUNGSI UNTUK MEMASUKKAN NILAI PADA DAC
```

```
void nilai_PCF()
```



```
{  
  Wire.beginTransmission(PCF8591P); //wake up pcf  
  Wire.write(0x40); //control byte -turn on DAC  
  Wire.write(n); //value to send to DAC  
  Wire.endTransmission(); //end transmission  
  delay(100);  
}
```

```
//FUNGSI UNTUK MEMBACA SENSOR ASAP
```

```
void baca_asap()
```

```
{nilaiAsap = analogRead(sensorAsap);}
```

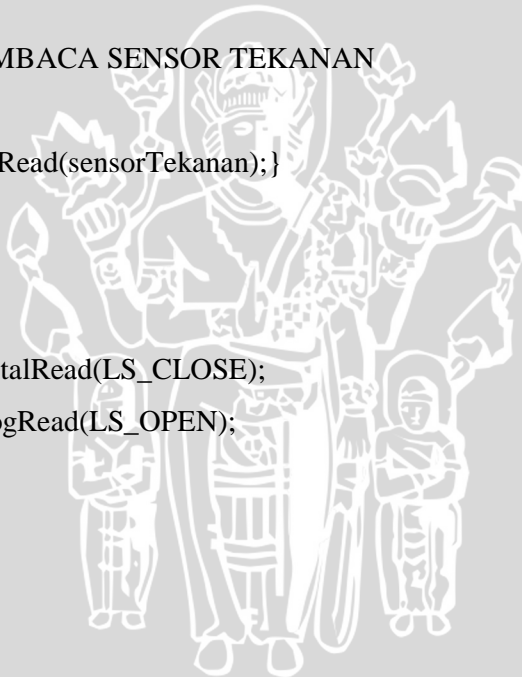
```
//FUNGSI UNTUK MEMBACA SENSOR TEKANAN
```

```
void baca_tekanan()
```

```
{nilaiTekanan = analogRead(sensorTekanan);}
```

```
void baca_limit()
```

```
{  
  LIMIT_CLOSE = digitalRead(LS_CLOSE);  
  LIMIT_OPEN = analogRead(LS_OPEN);  
}
```



LAMPIRAN 3

Komponen Datasheet

