



KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Jalan MT Haryono 167 Telp & Fax. 0341 554166 Malang 65145

**KODE
PJ-01**

**PENGESAHAN
PUBLIKASI HASIL PENELITIAN SKRIPSI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

NAMA : AULIA WIENDYKA YUDHA
NIM : 105060307111019 - 63
PROGRAM STUDI : TEKNIK KONTROL
JUDUL SKRIPSI : PERANCANGAN SISTEM PENGATURAN TEKANAN PADA *SHUTDOWN VALVE* UNTUK ANTISIPASI KEBAKARAN BERBASIS *PNEUMATIC* MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ATMEGA 328

TELAH DI-REVIEW DAN DISETUJUI ISINYA OLEH:

Pembimbing 1

Pembimbing 2

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

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

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

PUBLIKASI JURNAL SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh:

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

**KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2015**

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

Aulia Wiendyka Yudha, Retnowati, Rahmadwati

Teknik Elektro Universitas Brawijaya

Jalan M.T Haryono No.167 Malang 65145 Indonesia

Email : auliawiendyka@gmail.com

Abstrak— 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 aktuatur 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*.

I. PENDAHULUAN

Perusahaan yang bergerak dibidang manufaktur salah satunya adalah PT. PUCO. Perusahaan ini merupakan perusahaan yang memproduksi alat instrumentasi dan kontrol industri (*Industrial Field Instrumentation and Control Systems*). PT. PUCO memproduksi produk-produk instrumentasi dan kontrol industri dengan hak paten merek *BAP Controls*. Salah satu produknya 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, dan lingkungan. *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 seperti ledakan BP (*British Petroleum*) Horizon di Teluk Meksiko 2010 yang sangat berdampak pada lingkungan. Penyebab terjadinya ledakan bisa dikarenakan adanya kebocoran dan panel *valve* yang tidak berfungsi dengan baik. 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)^[1]. 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 permintaan *user* dan besarnya diameter *valve*. Pada kenyataannya manufaktur *shutdown valve* untuk mematikan sistem produksi dengan menarik tombol dan dengan ditariknya tombol akan bekerja secara tekanan angin (*pneumatik*) untuk melakukan proses

menutup. Ketika *valve* tertutup kemudian akan dikalibrasi kebocorannya.

Berdasarkan masalah tersebut maka *shutdown valve* sangat diperlukan demi keselamatan. Dalam kajian skripsi ini dilakukan suatu penanganan khusus yaitu dengan cara mendeteksi adanya potensi kebakaran kemudian *valve* akan melakukan proses menutup selama 6 sekon (CNOOC, 2012) secara otomatis dan menguji kebocoran *valve* yang tertutup berbasis pneumatik menggunakan ATMega 328.

II. PERANCANGAN SISTEM DAN KONTROLER

A. Shutdown Valve

Kegunaan sistem ESV (Emergency Shutdown Valve) selalu dipasang dan berguna apabila proses fasilitas produksi baik proses didarat ataupun anjungan minyak dilepas pantai mengalami situasi yang 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^[2]. *Shutdown valve* memiliki komponen-komponen yang saling terintegrasi seperti dalam Gambar 1.



Gambar 1. Model Miniatur *Shutdown Valve* *Shutdown valve* yang digunakan berdiameter 2,54cm dengan *range* tekanan 2-8bar. Persamaan untuk laju air adalah $Q=V.A$ dimana:

$$Q = \text{debit aliran (m}^3/\text{s)}$$

$$V = \text{kecepatan aliran (m/s)}$$

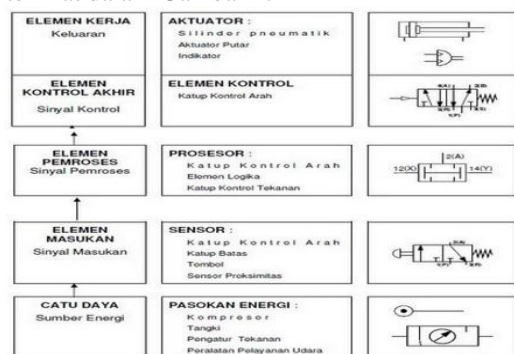
$$A = \text{luas penampang (m}^2\text{)}$$

B. 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 medianya, 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^[3]. 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 tambang.

Diagram alir mata rantai kontrol dan elemen-elemennya diklasifikasikan seperti terlihat dalam Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Sistem Pneumatik

a. Kompresor

Kompresor merupakan *supply* udara tekan pada sistem pneumatik. Penggunaan sistem pneumatik memerlukan udara bertekanan yang memadai dan memiliki kualitas yang baik. Kompresor secara garis besar terdiri dari dua tipe yaitu *positive displacement* dan *dynamic*^[4]. Dari dua tipe tersebut bercabang lagi menjadi beberapa tipe. Salah satu yang digunakan adalah *rotary vane compressor* dengan *output* tekanan sebesar 7,2 bar seperti yang terlihat dalam Gambar 3.



Gambar 3. Rotary Vane Compressor

b. Silinder Kerja Ganda (Double Acting)

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 menghasilkan kerja dalam satu arah (*linier*), sedangkan silinder kerja ganda akan bekerja bila kedua sisinya diberi tekanan udara.

c. 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.

Fitting merupakan komponen yang digunakan untuk menghubungkan (*assembly*) komponen-komponen lain pada sistem pneumatik. Semakin besar ukuran *fitting* dan *tubing* maka semakin besar pula aliran udara yang dilewatkan.

Air coupler adalah komponen yang berfungsi seperti *fitting*, yaitu untuk mencegah terjadinya kebocoran pada setiap sambungan. *Air coupler* memiliki 2 jenis yaitu *air coupler male* dan *female*.

d. Buffer Accumulator

Untuk meminimalisir resiko akan kehilangan udara secara drastis ketika kompresor mengalami gangguan atau kegagalan maka perlu menggunakan *buffer accumulator*.

e. Air Filter-Regulator

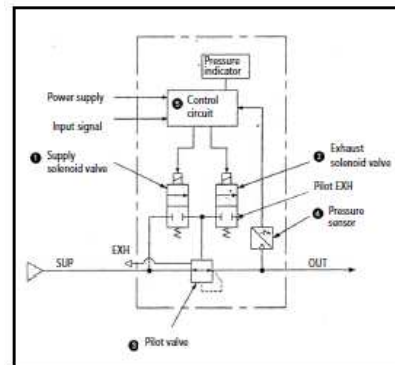
Air filter digunakan untuk menyaring partikel kotoran yang keluar dari kotoran yang keluar dari kompresor. Dengan begitu udara yang keluar bebas dari partikel kotoran sehingga tidak merusak komponen pneumatik lainnya. Lama kelamaan pada *filter* akan timbul air akibat dehumidifikasi pada udara yang masuk 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.

Air filter juga dapat mengatur keluaran tekanan *supply* dari kompresor. *Air filter* diset mengeluarkan tekanan sebesar 3 bar.

C. Electro - Pneumatic Regulator ITV 3051-013B

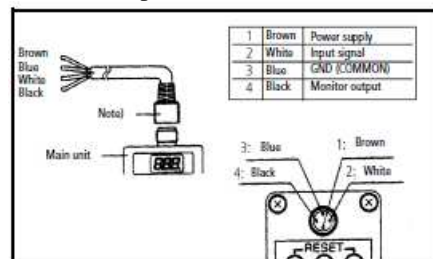
Alat ini digunakan untuk mengatur tekanan udara berdasarkan arus yang masuk. Tentunya dibutuhkan *supply* udara bertekanan. Udara yang masuk dan keluar akan berbeda tekanannya tergantung sinyal arus pada *input*.



Gambar 4. Skematik ITV3051-013B

Skema *electro-pneumatic regulator* seperti yang terlihat dalam Gambar 4 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*.

Electro - pneumatic regulator mempunyai 4 kabel yang terletak pada bagian atas, pembagiannya seperti yang terlihat dalam Gambar 5. *Electro-pneumatic regulator* membutuhkan catu daya sebesar 12 VDC dan menggunakan sinyal *input* berupa arus 4-20mA DC. Dalam skripsi ini, ITV3051 di *setting* untuk memiliki *range* keluaran sebesar 0,2- 3 bar. Juga terdapat kabel untuk memonitor tekanan dengan keluaran 1-5VDC. Terdapat satu display yang berisikan informasi besar tekanan udara keluaran dalam satuan Mpa^[5].



Gambar 5. Rangkaian Kabel ITV

D. Sensor Asap MQ2

Sensor asap merupakan komponen elektronika untuk mendeteksi kadar gas hidrokarbon. Keluaran sensor ini berupa resistansi analog sehingga dapat juga dikonversi ke dalam keluaran digital. Sensor MQ2 ditunjukkan dalam Gambar 6.



Gambar 6. Sensor Asap MQ-2

E. Limit Switch

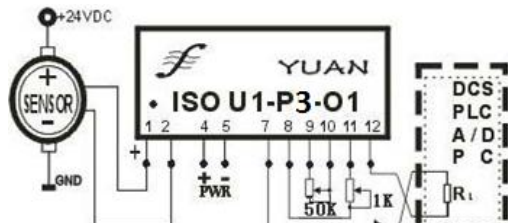
Prinsip kerja *limit switch* sama seperti saklar *Push ON* yaitu hanya akan terhubung pada saat katupnya ditekan pada batas penekanan tertentu yang telah ditentukan dan akan memutus saat katup tidak ditekan. Sensor *limit switch* ditunjukkan dalam Gambar 8.



Gambar 8. Sensor Limit Switch

F. V/I Converter ISO-U1-P3-01

ISO-U1-P3-01 adalah *isolated amplifier* untuk mengubah sinyal analog yang berupa tegangan menjadi arus. ISO-U1-P3-01 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 9.



Gambar 9. Pengkabelan V/I Converter

G. Liquid Crystal Display

LCD yang digunakan adalah lcd 16x2 dan dapat dikontrol dalam dua mode yaitu 4-bit dan 8-bit.

H. Mikrokontroler ATmega 328

Mikrokontroler ATmega 328 adalah sebuah board yang mempunyai 14 pin digital *input/output* (6 diantaranya dapat digunakan sebagai *output* PWM), 6 *input* analog, sebuah osilator kristal 16MHz, sebuah koneksi USB, sebuah *power jack* DC, sebuah ICSP header, dan sebuah tombol *reset*. ATmega 328 atau yang lebih dikenal dengan nama Arduino Uno ini

memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang mikrokontroler, mudah menghubungkannya ke komputer.

Uno (lihat Gambar 7) berbeda dengan semua board sebelumnya dalam hal koneksi *USB-to-serial* yaitu menggunakan fitur ATmega U2 yang diprogram sebagai konverter *USB-to-serial* berbeda dengan board sebelumnya yang menggunakan *chip* FTDI *driver USB-to-serial*. Penggunaan pin arduino dapat dilihat dalam Tabel 1.



Gambar 7. Arduino Uno

Tabel 1. Penggunaan Pin Arduino

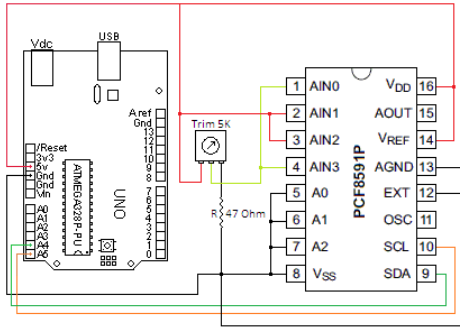
No	Pin	Fungsi
1	A1	Masukan <i>limit switch</i> 1
2	A2	Masukan sensor asap
3	A3	Masukan <i>output</i> tekanan
4	2	LCD D7 pin
5	3	LCD D6 pin
6	4	LCD D5 pin
7	5	LCD D4 pin
8	7	Relay untuk NO/NC
9	9	Masukan <i>limit switch</i> 2
10	11	LCD enable pin
11	12	LCD RS pin
12	A5	SCL PCF8591P
13	A4	SDA PCF8591P
14	GND	Jalur masukan GND seluruh sistem
15	Vin	Jalur masukan 5V seluruh sistem

I. Liquid Crystal Display

LCD yang digunakan adalah lcd 16x2 dan dapat dikontrol dalam dua mode yaitu 4-bit dan 8-bit.

J. Digital Analog Converter PCF8591P

PCF merupakan I2C untuk mengkonversi sinyal analog ke digital dan sebaliknya. PCF 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. Rangkaian PCF ditunjukkan dalam Gambar 10.



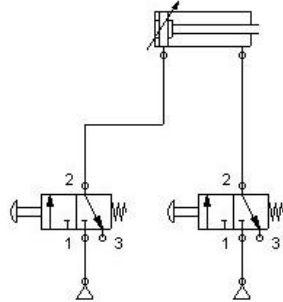
Gambar 10. PCF 8591P

K. Relay

Relay adalah suatu rangkaian *switch* magnetik yang bila mendapat catu dan suatu rangkaian *trigger* akan berubah posisi logika NO atau NC yang terhubung dengan *coil*.

L. 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 11.

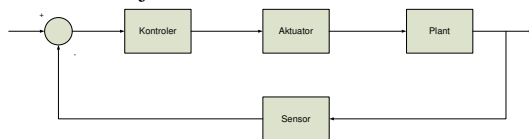


Gambar 11. 3/2 Way Solenoid Valve

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.

M. Kontroler

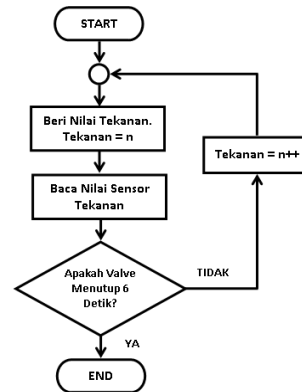
Perancangan kontroler dengan menggunakan metode on-off pada sistem pengendali *shutdown valve* dilakukan dengan cara melakukan spesifikasi pada plan sistem, sensor, dan aktuator. Diagram blok sistem kontrol ditunjukkan dalam Gambar 12.



Gambar 12. 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 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 *vae* selama 6 detik. Diagram alir metode *handtuning* ditunjukkan dalam Gambar 13.



Gambar 13. Diagram Alir Kontroler

Hasil percobaan untuk mencari persamaan tekanan terhadap waktu ditunjukkan dalam Tabel 2.

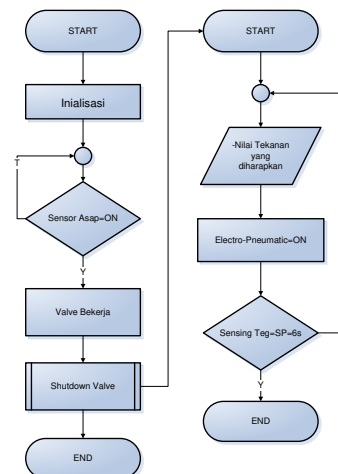
Tabel 2. Hasil Percobaan *Handtuning*.

No.	PWM	Tekanan (PSI)	Sensor (V)	Waktu
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	3.4

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

N. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak sistem ditunjukkan dalam Gambar 14.



Gambar 14. Flowchart Sistem

III. PENGUJIAN DAN ANALISIS DATA

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja dan respon dari sensor asap, *limit switch*, *relay*, *digital analog converter*, *V/I converter*, *electro-pneumatic regulator*, sensor tekanan, dan pengujian seluruh sistem.

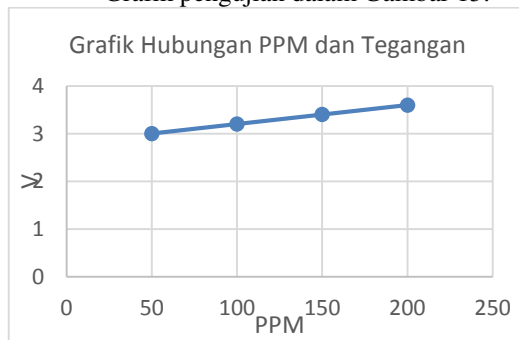
A. Sensor Asap MQ2

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pembacaan nilai analog sensor terhadap tegangan apabila terdapat asap. Hasil pengujian ditunjukkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor MQ-2

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

Grafik pengujian dalam Gambar 15.



Gambar 15. Grafik Hubungan PPM dan Teg. Dari grafik terlihat semakin besar kandungan asap semakin besar nilai tegangannya.

B. Sensor *Limit Switch*

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah *limit switch* berjalan dengan baik pada saat NO atau NC dengan cara menghubungkan kaki NO ke GND dan NC ke 5V kemudian kaki *common* dihubungkan ke Arduino.

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.

C. Relay

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah relay berjalan dengan baik. Pengujian

dilakukan dengan cara menghubungkan kaki NC ke 5VDC, NO ke GND, dan COM ke Arduino. Hasil pengujian relay ditunjukkan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Relay

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

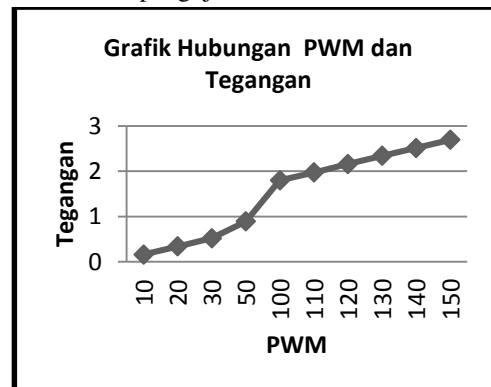
D. *Digital Analog Converter*

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui besar kecilnya *output* tegangan yang dikeluarkan oleh Arduino dengan mengatur *Pulse Width Modulation* (PWM). Hasil pengujian dalam Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian DAC

No	PWM	Tegangan (volt)	Perhitungan
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	100	1.80	1.78
6	110	1.97	1.95
7	120	2.16	2.13
8	130	2.34	2.31
9	140	2.51	2.49
10	150	2.69	2.66

Grafik pengujian dalam Gambar 16.



Gambar 16. Grafik Hubungan PWM dan Tegangan

Dari grafik Gambar 16 dapat disimpulkan bahwa semakin besar *setting* PWM maka *output* tegangan juga semakin besar.

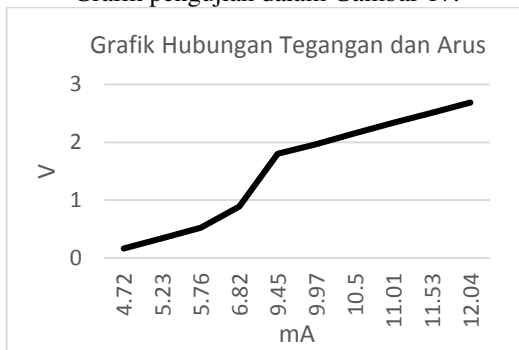
E. *V/I Converter*

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui perubahan tegangan ke arus bila diberi masukan yang berbeda-beda (lihat Tabel 6).

Tabel 6. Hasil Pegujian V/I Converter

No	Masukan	Keluaran
1	0.16	4.72
2	0.34	5.23
3	0.52	5.76
4	0.89	6.82
5	1.80	9.45
6	1.97	9.97
7	2.16	10.50
8	2.34	11.01
9	2.51	11.53
10	2.69	12.04

Grafik pengujian dalam Gambar 17.



Gambar 17. Grafik Hubungan Teg. Dan Arus

Dari grafik Gambar 17 dapat disimpulkan bahwa semakin besar tegangan yang dikeluarkan maka semakin besar pula hasil konversinya ke arus.

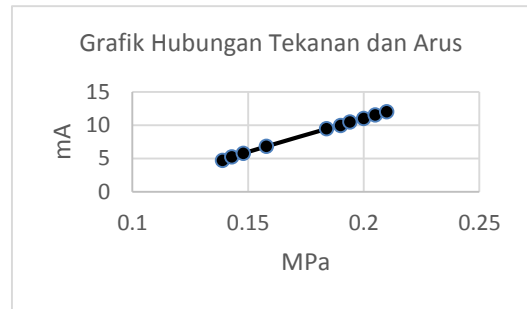
F. *Electro-Pneumatic Regulator*

Pengujian dilakukan untuk mengetahui besar tekanan apabila *electro-pneumatic regulator* diberi arus masukan yang berbeda-beda. Hasil pengujian dalam Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Pengujian

No.	Masukan (mA)	Keluaran (Mpa)
1	4.72	0.139
2	5.23	0.143
3	5.76	0.148
4	6.82	0.158
5	9.45	0.184
6	9.97	0.190
7	10.50	0.194
8	11.01	0.20
9	11.53	0.205
10	12.04	0.210

Grafik pengujian dalam Gambar 18.



Gambar 18. Grafik Hubungan Tekanan dan Arus

Berdasarkan Gambar 18, dapat disimpulkan bahwa *electro pneumatic regulator* bekerja dengan baik.

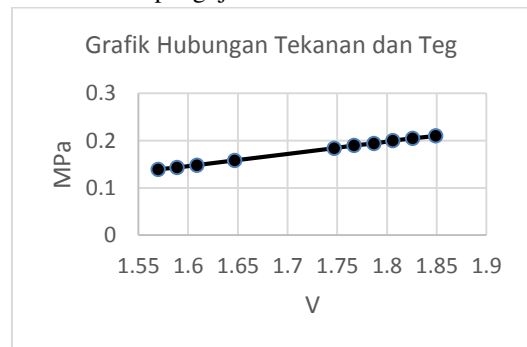
G. Sensor Tekanan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai *feedback* dari tekanan. Hasil pengujian ditunjukkan dalam Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Pengujian

No.	Masukan (MPa)	Keluaran (V)
1	0.139	1.57
2	0.143	1.589
3	0.148	1.609
4	0.158	1.647
5	0.184	1.747
6	0.190	1.767
7	0.194	1.787
8	0.20	1.806
9	0.205	1.826
10	0.210	1.849

Grafik pengujian dalam Gambar 19.



Gambar 19. Grafik Pengujian

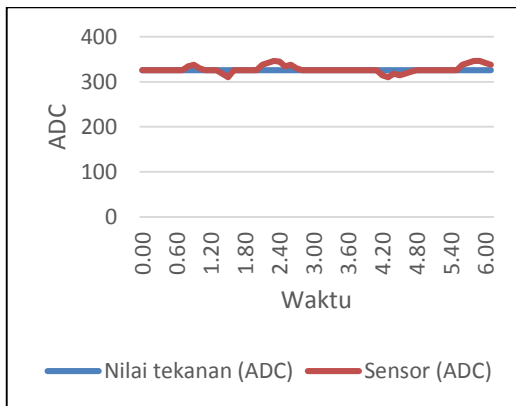
H. Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian sistem secara keseluruhan ini dilakukan untuk mengetahui kinerja perangkat keras dan perangkat lunak serta mengetahui respon keseluruhan sistem.

Dalam pengujian ini, sistem akan bekerja apabila acuan nilai sensor gas telah berpindah logika (*on*). Kemudian sistem mulai bekerja

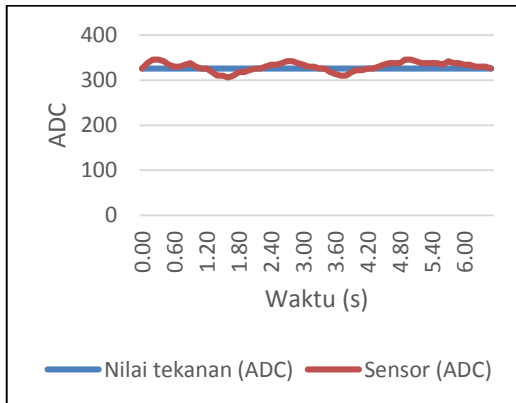
dengan arduino sebagai kontroler utama yang menerima masukan dari sensor tekanan dan akan mengeluarkan sinyal kontrol pada *electro-pneumatic regulator* untuk mengatur besarnya tekanan yang akan masuk pada *pneumatic valve*. Selain itu, arduino juga akan menampilkan waktu menutup pada LCD.

Pengujian pertama dilakukan tanpa adanya *disturbance* pada laju aliran *pneumatic valve*. Pengujian ini bertujuan untuk melihat respon kontroler terhadap sistem. Hasil pengujian dapat dilihat dalam Gambar 20.



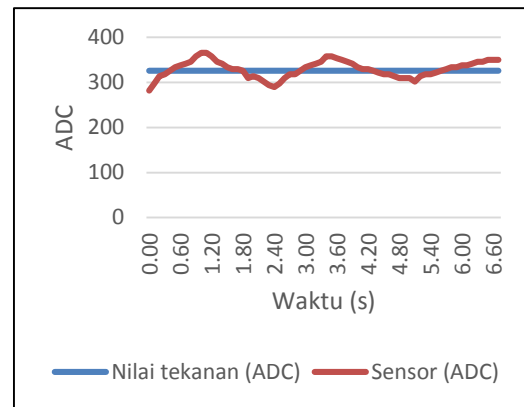
Gambar 20. Hasil Respon Tanpa Gangguan

Pengujian kedua dilakukan dengan memberi gangguan berupa debit air sebesar 10 m³/mnt. Hasil pengujian ditunjukkan dalam Gambar 21.



Gambar 21. Hasil Pengujian dengan Gangguan

Pengujian ketiga dilakukan dengan memberi gangguan berupa debit air sebesar 17 m³/mnt. Hasil pengujian ditunjukkan dalam Gambar 22.



Gambar 22. Hasil Pengujian dengan Gangguan

Dari ketiga pengujian keseluruhan sistem, dapat dibuat tabel hasilnya dalam Tabel 8 dibawah ini.

Tabel 8. Hasil Pengujian

Pengujian	Nilai (PWM)	Min (PWM)	Max (PWM)	error (%)
1	50	46	55	1.66
2	50	45	55	8.33
3	50	39	62	11.66

IV. KESIMPULAN DAN PROSPEK

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 tekanan yang diharapkan. Berdasarkan hasil pengujian dengan 3 macam cara (tanpa *disturbance*, debit 10m³/menit, 17m³/menit) kontroler dapat menyesuaikan agar proses menutup sesuai dengan nilai yang diharapkan dan memiliki *error* tertutup sebesar 1.66, 8.33, 11.66%.

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*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ANSI/FCI 70-2.2006. *Control Valve Seat Leakage*. Cleveland.
- [2] PT.PUCO. *Emergency Shutdown Valve Self Guide*. Jakarta, 2006.
- [3] Sugihartono, 1985. *Dasar-Dasar Kontrol Pneumatik*. Tarsito, Bandung.
- [4] Yana, Ade A. 2014. *Metode Root Locus Untuk Mencari Parameter PID Dalam Pengendalian Posisi Stamping Rod Berbasis Pneumatic Menggunakan Arduino Uno*. Universitas Brawijaya.
- [5] SMC Corporation. 2012. *ITV datasheet manual.pdf*