



TUGAS AKHIR TT 090361

**RANCANG BANGUN SISTEM
PENGENDALIAN TEKANAN PADA
TANGKI PENAMPUNG MINYAK TANAH
SUPPLY BAHAN BAKAR FURNACE**

**INDRA PRASETIYO
NRP 2411.031.049**

**Dosen Pembimbing
Ir. RONNY DWI NORIYATI, M.Kes
Dr. GUNAWAN NUGROHO, ST.MT**

**PROGRAM STUDI D3 METROLOGI DAN INSTRUMENTASI
JURUSAN TEKNIK FISIKA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2014**



FINAL PROJECT TT 090361

***PRESSURE CONTROL SYSTEM DESIGN
FOR KEROSENE CAPACITY TANK TO
SUPPLY FURNACE FUEL***

**INDRA PRASETIYO
NRP 2411.031.049**

Advisor Lecturer

**Ir. RONNY DWI NORIYATI, M.Kes
Dr. GUNAWAN NUGROHO, ST, MT**

***DIPLOMA III METROLOGY AND INSTRUMENTATION
ENGINEERING***

***Department of Physics Engineering
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh November Institute of Technology
Surabaya 2014***

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN
TEKANAN PADA TANGKI PENAMPUNG
MINYAK TANAH SUPPLAY BAHAN BAKAR
FURNACE**

TUGAS AKHIR

Oleh :

INDRA PRASETIYO

NRP. 2411 031 049

Surabaya, Juli 2014

Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2



Ir. Ronny Dwi Noriyati, M.Kes
NIP. 19571126 198403 2 002



Dr. Gunawan Nugroho, ST, MT
NIP. 19771127 200212 1 002

**Ketua Jurusan
Teknik Fisika FTI – ITS**

**Ketua Program Studi
DIII Metrologi dan Instrumentasi**



Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA
NIP. 19650309 199002 1 001



Dr. Ir. Purwadi Agus D, M.Sc
NIP. 19620822 198803 1 001

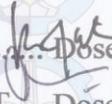
**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN
TEKANAN PADA TANGKI PENAMPUNG
MINYAK TANAH SUPPLAY BAHAN BAKAR
FURNACE**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
pada
Program Studi D3 Metrologi dan Instrumentasi
Jurusan Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
INDRA PRASETIYO
NRP. 2411 031 049

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Ir. Ronny Dwi Noriyati, M.Kes.  Dosen Pembimbing 1
2. Dr. Gunawan Nugroho, ST, MT... Dosen Pembimbing 2
3. Hendra Cordova, ST, MT.....  Dosen Penguji I

SURABAYA
Juli 2014

RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN TEKANAN PADA TANGKI PENAMPUNG MINYAK TANAH SUPPLY BAHAN BAKAR FURNACE

Nama : Indra Prasetyo
NRP : 2411031049
Jurusan : Prodi D3 Metrologi dan Instrumentasi
Dosen Pembimbing 1 : Ir. Ronny Dwi Noriyati, M.Kes
Dosen Pembimbing 2 : Dr. Gunawan Nugroho, ST, MT

Abstrak

Pada sistem pengendalian proses secara umum terdiri dari alat ukur, pengontrol dan pengendali akhir. Pada setiap *loop* pengendalian diperlukan suatu pengontrol. Keempat variabel tersebut perlu diperhatikan dalam sistem pengendalian pada *mini plant kondensat*, dimana perlunya pengendalian tekanan pada tangki bahan bakar minyak tanah supply bahan bakar furnace yang digunakan untuk proses pembakaran pada kondensat. Oleh sebab itu akan dirancang sistem pengendalian tekanan otomatis dengan menggunakan mikrokontroler Arduino Uno ATmega328, dengan adanya pengendalian otomatis ini tekanan didalam tangki bahan bakar berada pada posisi *setpoint* 300 kPa. Maka sistem akan secara otomatis menutup *solenoid* yang menyuplai tekanan udara pada tangki dan jika tekanan berada pada posisi kurang dari *setpoint* 100 kPa dan 300 kPa, maka *solenoid* akan membuka. Dengan adanya pengendalian tekanan secara otomatis ini maka tekanan pada tangki bahan bakar minyak tanah akan dapat dijaga.

Kata Kunci : Sistem pengendalian *pressure*, sensor MPX5700GS, Mikrokontroler Arduino Uno Atmega328

PRESSURE CONTROL SYSTEM DESIGN FOR KEROSENE CAPACITY TANK TO SUPPLY FURNACE FUEL

Name : Indra Prasetyo
NRP : 2411031049
Department : *Diploma of D3 Metrologi and Instrumentasi*
Advisor Lecturer 1 : Ir. Ronny Dwi Noriyati, M.Kes
Advisor Lecturer 2 : Dr. Gunawan Nugroho, ST, MT

Abstract

Generally, in process control system consists of measuring device, controller, and actuator. In every control loop requires a controller. Four variable need to consider in the control system at the mini plant condensate, which control the pressure of kerosene capacity tank to supplu furnace used for the combustion process in the condensate. Therefore be designed automatic pressure control system using microcontroller Arduino Uno ATmega328, with the automatic control is when pressure is at position specified pressure setpoint to the fuel tank of 300 kPa. Then the system will automatically shut down solenoid valve that supplies air to the tank and if the pressure is at a position about the setpoint 100 kPa and 300 kPa, then solenoid valve will open. So with the automatic pressure control is the pressure in the kerosene capacity tank will be maintained.

Keyword : *Pressure control system, sensor MPX5700GS, Microcontroller Arduino Uno Atmega328*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul **“Rancang Bangun Sistem Pengendalian Tekanan Pada Tangki Penampung Minyak Tanah Supplay Bahan Bakar Furnace”** dengan tepat waktu. terselesaikannya laporan ini juga tak luput dari dukungan serta peran serta dari berbagai pihak. Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan wajib yang harus dipenuhi oleh semua mahasiswa sebelum menyelesaikan pendidikannya di Program Studi DIII Metrologi dan Instrumentasi Jurusan Teknik Fisika FTI-ITS. Untuk itu dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA selaku Ketua Jurusan Teknik Fisika FTI-ITS.
2. Ir. Ronny Dwi Noriyati, M.Kes selaku pembimbing pertama Tugas Akhir yang telah membina dengan baik dan sabar.
3. Dr. Gunawan Nugroho, ST, MT selaku pembimbing kedua Tugas Akhir dan juga menjadi Dosen Wali penulis.
4. Teman-teman S1 Teknik Fisika dan D3 Teknik Metrologi dan Instrumentasi angkatan 2011 FTI-ITS.
5. Totok Ruki Biyanto, ST, MT, PhD selaku pembina tugas akhir dengan baik dan sabar.
6. Pengurus Workshop Instrumentasi yang telah menyediakan tempat dan membantu dalam pengerjaan Tugas Akhir.
7. Muhammad Miftachullhuda dan Soraya Rizqimurfidah selaku rekan Tugas Akhir penulis.
8. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih kurang sempurna. Oleh karena itu penulis menerima segala masukan baik berupa saran, kritik, dan segala bentuk tegur sapa demi kesempurnaan laporan ini. Dan terimakasih untuk ayah, ibu dan Estu Rizky H. beserta seluruh keluarga tercinta, terima kasih untuk dukungan tiada henti dan doa yang terus dipanjatkan hingga laporan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan

Demikian laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan dengan harapan dapat bermanfaat dalam akademik baik bagi penulis sendiri maupun bagi pembaca.

Surabaya, 18 Juli 2014

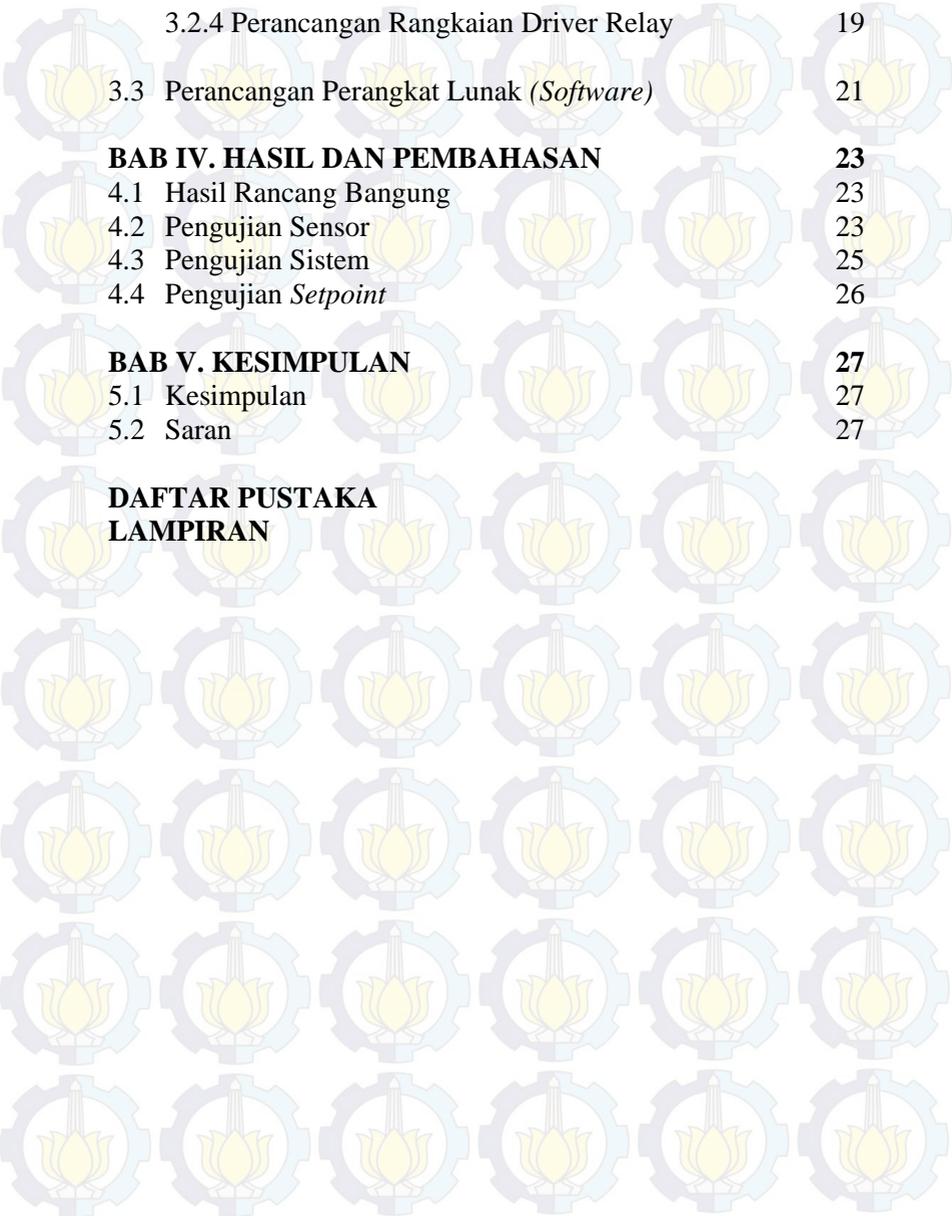
Penulis.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Tungku Furnace Minyak Tanah	3
Gambar 2.2	Sensor MPX5700GS	4
Gambar 2.3	<i>Solenoid Valve</i>	5
Gambar 2.4	Sistem Pengendalian Otomatis	6
Gambar 2.5	Mode Pulsa Pengendalian <i>ON/OFF</i>	7
Gambar 2.6	Relay	8
Gambar 2.7	Tangki Bahan Bakar Minyak Tanah	9
Gambar 2.8	Lampu Indikator	10
Gambar 2.9	Board Arduino Uno	10
Gambar 2.10	Pinout Diagram Arduino	11
Gambar 2.11	Bentuk LCD 2 x 16	
Gambar 2.12	Driver Relay	13
Gambar 3.1	Blok Diagram Perancangan Alat	14
Gambar 3.2	Perancangan Mekanik	15
Gambar 3.3	LCU (<i>Local Control Unit</i>)	15
Gambar 3.4	Blok Diagram Sistem Pengendalian Alat	16
Gambar 3.5	Skema Rangkaian Sensor Tekanan	17
Gambar 3.6	<i>Power Supply 5 Volt</i>	18
Gambar 3.7	<i>Power Supply 12 Volt</i>	19
Gambar 3.8	LCD 2 x 16	20
Gambar 3.9	Driver Relay	21
Gambar 3.8	<i>Flowchart Program</i>	22
Gambar 4.1	<i>Mini Plant</i> Kondensat	23
Gambar 4.2	Grafik Respon Keluaran Sensor Tekanan	22
Gambar 4.3	Kalibrasi Sensor	29
Gambar 4.4	Grafik Respon Sistem Kontrol Tekanan dengan <i>set point</i> 15 Psi	30
Gambar 4.5	Grafik Respon Sistem Kontrol Tekanan dengan <i>set point</i> 20 Psi	31
Gambar 4.6	Grafik Ketidakpastian Respon Sistem Kontrol Tekanan	34

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Manfaat	2
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Furnace	3
2.2 Sensor Tekanan MPX5700GS	3
2.3 Solenoid Valve	4
2.4 Sistem Pengendalian On-Off	5
2.5 Relay	8
2.6 Tabung Minyak Tanah	8
2.7 Lampu Indikator	9
2.8 Arduino Uno ATmega328	11
2.9 LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>) 16x2	12
2.10 Driver Relay	13
BAB III. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT	14
3.1 Blok Diagram Perancangan Alat	15
3.2 Perancangan Local Unit Control	15
3.2.1 Perancangan Sistem Pengendalian Tekanan	16
3.2.2 Perancangan Catu Daya	16
3.2.3 Perancangan Display LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>)	19



3.2.4 Perancangan Rangkaian Driver Relay	19
3.3 Perancangan Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	21
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Hasil Rancang Bangun	23
4.2 Pengujian Sensor	23
4.3 Pengujian Sistem	25
4.4 Pengujian <i>Setpoint</i>	26
BAB V. KESIMPULAN	27
5.1 Kesimpulan	27
5.2 Saran	27
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Deskripsi Arduino Uno	22
Tabel 4.1	Tegangan keluaran sensor tekanan pada tangki	23
Tabel 4.2	Perhitungan Toleransi error Tekanan Tangki	25
Tabel 4.3	Data pengujian uji input dan output Tangki	26
Tabel 4.4	Data Pengukuran Kalibarsi Sensor	29
Tabel 4.5	Data Pengujian Sensor Tekanan untuk nilai σ dan UA_1	32
Tabel 4.6	Data Pengujian Sensor Tekanan untuk nilai UA_2	33

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Uap atau PLTU adalah pembakaran bahan bakar bercampur gas pada boiler untuk memanaskan air dan mengubah air tersebut menjadi steam atau uap yang sangat panas dengan tekanan dan suhu tertentu. Selanjutnya aliran steam tersebut digunakan untuk menggerakkan generator steam atau turbin sehingga dihasilkan tenaga listrik dari kumparan medan magnet di generator dan setelah itu uap steam akan diubah kembali menjadi air untuk digunakan proses selanjutnya. Furnace adalah alat untuk menaikkan temperatur proses atau menguapkan sebagian atau seluruh fluida cair proses dengan memanfaatkan panas hasil pembakaran bahan bakar minyak atau bahan bakar gas. Sebelum masuk furnace, air yang dipanaskan dan menjadi uap betekanan. Selanjutnya uap betekanan tersebut di ubah kembali menjadi air melalui *Heat Exchanger* (HE) terlebih dahulu dialirkan menuju *stabilizer* yang berfungsi sebagai pengendalian aliran dan tekanan. Kerja furnace sebagai pemanas air yang diharapkan bisa berjalan secara optimal mengingat pentingnya proses ini dalam menghasilkan keluaran untuk proses berikutnya.

Maka dari itu akan dirancang sebuah *mini plant* Kondensat secara sederhana. Sistem pada *mini plant* Kondensat memerlukan sistem pengendalian otomatis bermode *on-off* ini berfungsi untuk mengendalikan temperature di ruang bakar, bahan bakar yang dapat dipergunakan yaitu minyak tanah. Jika mempergunakan bahan bakar minyak tanah, maka harus diberi tekanan agar dapat di semprotkan pada ruang bakar. Untuk itu diperlukan tangki sebagai penampung bahan bakar minyak tanah yang diberi tekanan dari kompresor, dimana tekanan didalam tabung dijaga pada range nilai tertentu. Agar tekanan didalam tabung terjaga, maka diperlukan sistem pengendalian yang dapat menghidup matikan kompresor dalam rangka menjaga *range*

tekanan di dalam tabung. Sistem ini terdiri dari sensor tekanan MPX5700 pada tabung minyak tanah, Arduino Uno Atmega328 sebagai kontroler, relay dan compressor sebagai plant.

1.2 Perumusan Masalah

Pada pelaksanaan tugas akhir ini terdapat permasalahan yaitu bagaimana merancang dan membangun sistem pengendali tekanan pada tangki penampung minyak tanah supply bahan bakar furnace dan menjaga kestabilan tekanan saat proses pembakaran agar berlangsung dengan baik.

1.3 Batasan Masalah

Perlu diberikan beberapa batasan permasalahan agar pembahasan tidak meluas dan menyimpang dari tujuan. Adapun batasan permasalahan dari sistem yang dirancang ini yaitu :

- Pada *plant* tangki penampung minyak tanah supply bahan bakar furnace, variabel proses yang akan dikendalikan adalah tekanan.
- Mode pengendali yang digunakan adalah *on-off*.
- Sensor yang digunakan yaitu MPX5700 dengan range pengukuran 283 kPa – 496 kPa
- Kontroler yang digunakan adalah Arduino Uno Atmega328
- Dilakukan monitoring terhadap perubahan tekanan.

1.4 Tujuan Tugas Akhir

Tujuan yang ingin dicapai dalam tugas akhir ini yaitu merancang dan membangun suatu sistem pengendali tekanan pada tangki penampung minyak tanah supply bahan bakar furnace

1.5 Manfaat

Dalam mengerjakan tugas akhir ini mahasiswa atau penulis dapat paham dan mengerti dalam merancang dan membangun suatu sistem pengendali tekanan pada tangki penampung minyak tanah supply bahan bakar furnace

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Furnace

Furnace merupakan suatu alat yang digunakan untuk pemanasan. Berasal dari bahasa latin yaitu *fornax* yang memiliki arti pemanas. Penggunaan *furnace* sebagai alat untuk pemanas tidak lagi menggunakan sistem konvensional. Saat ini telah ditemukan dan dikembangkan penggunaan *furnace* dengan menggunakan sistem elektrik dengan berbagai kelebihan yang dimiliki. Seperti penggunaan *temperature* yang tinggi dalam waktu singkat, *temperature* dapat diatur sesuai kebutuhan, kerugian *temperature* yang lebih baik.

Furnace memiliki tingkat derajat *temperature* yang tinggi, tetapi yang dibutuhkan untuk *furnace* yang akan dibuat hanya sekitar 120°C . Dengan karakteristik yang demikian, bila *furnace* digunakan dalam jangka waktu yang lama, maka kestabilan dari *temperature* tersebut harus selalu di jaga.



Gambar 2.1 Tungku Furnace Minyak Tanah.

2.2 Sensor Tekanan MPX5700GS.

Sensor tekanan adalah salah satu sensor yang di gunakan untuk mengukur suatu zat. Sensor tekanan biasanya dilambangkan dengan simbol (p) yang merupakan satuan fisika

untuk menyatakan gaya (F) per satuan luas (A). Satuan tekanan yang akan kita gunakan hanya untuk mengukur kekuatan dari satu cairan atau gas. Prinsip kerja dari sensor tekanan ini adalah mengubah tegangan mekanis menjadi sinyal listrik. Padanya prinsip bahwa tahanan pengantar berubah dengan panjang dan luas penampang. Bagian dari sensor inilah yang nantinya akan mengubah hal-hal yang di deteksi menjadi besar-besaran listrik sehingga dapat di proses oleh sistem elektronika seperti mikrokontroler, PLC ataupun PC malalui ADC (Analog to Digital Converter) yang dapat mengubah sinyal elektronik menjadi data digital. Dalam pembuatan mini plant Kondensorini akan mencoba menggunakan sensor tekanan.

Sensor tekanan yang sudah dilengkapi dengan kompensasi suhu dan sudah dikalibrasi. Berdasarkan datasheetnya, sensor ini dapat mendeteksi tekanan pada tabung gas dengan besar tekanan 0-700 kPa atau 0-101,5 Psi. Sensor ini memiliki tegangan output berkisar antara 0,2V-4,7VDC dan mempunyai tingkat akurasi $\pm 2,5V_{fss}$. Dari hasil pengukuran, tegangan output sensor berbanding lurus dengan nilai tekanan gas. Semakin besar nilai tegangan output sensor, maka semakin besar nilai tekanan yang dihasilkan



Gambar 2.2 Sensor MPX5700AP^[8]

2.3 Solenoid Valve

Solenoid valve atau biasa disebut dengan katup solenoida adalah elektromagnetik katup yang biasanya digunakan untuk cairan ataupun gas. Katup solenoida adalah elemen kontrol yang paling sering digunakan dalam fluida. Tugas alat ini untuk

mematikan, menyalakan, mendistribusikan atau mencampurkan cairan. Alat ini banyak ditemukan di banyak area aplikasi. Solenoida menawarkan *switching* cepat dan aman, keandalan yang tinggi, umur panjang, menengah kompatibilitas yang baik dari bahan yang digunakan, kontrol daya rendah dan desain yang kompak. Katup ini dikontrol melalui saluran listrik menggunakan solenoida. *Solenoid valve* digerakkan secara otomatis menggunakan tegangan listrik AC maupun DC tergantung dari tekanan yg melewati valve. Cara kerjanya menggunakan sebuah kumparan atau lilitan kawat yg melilit sebuah besi lunak bulat panjang. Besi dihubungkan (dikopel) dengan sebuah plug . Apabila diberi tegangan maka besi tersebut akan bergerak kebawah sehingga plugnya menutup lubang pada *Port* sehingga menghalangi *flow* yg melewati *valve*. *solenoid valve* berfungsi sebagai pengatur aliran udara yang akan masuk ke *actuator*.

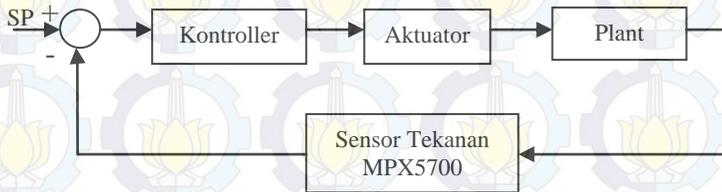


Gambar 2.3 *Solenoid Valve*^[9]

2.4 Sistem Pengendalian *On-Off*

Sistem pengendalian dalam instrumen yaitu berfungsi untuk mengendalikan variabel proses sesuai dengan *set point* bisa juga diartikan sebagai kegiatan mengukur, membandingkan, menghitung, merekam dan mengoreksi suatu besaran agar kestabilan proses tetap terjaga. Besaran yang diukur dan dikendalikan dapat berupa *level* atau permukaan, *flow* atau laju alir fluida. *Pressure* atau tekanan, temperatur atau suhu. Pengendalian bertujuan untuk mendapatkan hasil yang maksimal secara kualitas, kuantitas, efisien dan efektifitas dalam proses produksi, dimana pengendalian merupakan usaha pengaturan agar

sesuai dengan program kerja yang dikehendaki dan ini dapat dilihat pada diagram blok pada gambar berikut.



Gambar 2.4 Sistem Pengendalian Otomatis

Sistem pengendalian yang digunakan dalam rancang bangun alat kali ini adalah sistem pengendalian *on-off* pengendalian *on /off* hanya bekerja pada dua posisi, yaitu posisi “*on*” dan posisi “*off*”. Kalau *final control element* berupa *control valve*, kerja *valve* hanya terbuka penuh atau tertutup penuh. Pada *system* pengendalian *on-off valve* tidak akan pernah bekerja didaerah antara 0 sampai 100%. Karena kerjanya yang *on-off*, hasil pengendalian *on-off* akan menyebabkan proses *variable* yang bergelombang, tidak pernah konstan. Perubahan proses *variable* akan seirama dengan perubahan posisi *final control element*. Besar kecilnya fluktuasi proses *variable* ditentukan oleh titik dimana *controller* “*on*” dan titik dimana “*off*”. Karena karakteristik kerjanya yang hanya *on* dan *off*, *controller* jenis *on-off* juga sering disebut sebagai *two position controller*, *gap controller* atau *snap controller*. Kata *snap* secara harfiah berarti menampar. Sebuah *controller on-off* kemudian juga lazim disebut *snap controller*. Ungkapan kata *snap action* kelak akan juga dipakai untuk kerja *controller* jenis lain yang karena besarnya gain menjadi bekerja secara *on-off*.

Kerja pengendalian *on-off* banyak dipakai di *system* pengendalian yang sederhana karena harganya yang relatif murah. Namun, tidak semua proses dapat dikendalikan secara *on-off* karena banyak operasi proses yang tidak dapat mentolerir fluktuasi proses *variable*. Jadi, syarat utama untuk memakai pengendali *on-off* bukan untuk menghemat biaya *unit controller*

melainkan karena proses memang tidak dapat mentolerir fluktuasi proses variable pada batas-batas kerja pengendalian *on-off*.

Aksi pengendalian dari *controller* ini hanya mempunyai dua kedudukan, maksimum atau minimum, tergantung dari *variable* terkontrolnya, apakah lebih besar atau lebih kecil dari *set poin*.

Persamaanya adalah:

$$m = N1 \text{ jika } e < 0$$

$$m = N2 \text{ Jika } e > 0$$

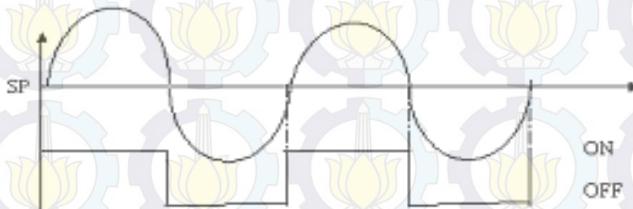
dimana :

m = *manipulated variable*

$N1$ = harga maksimum dari m (*ON*)

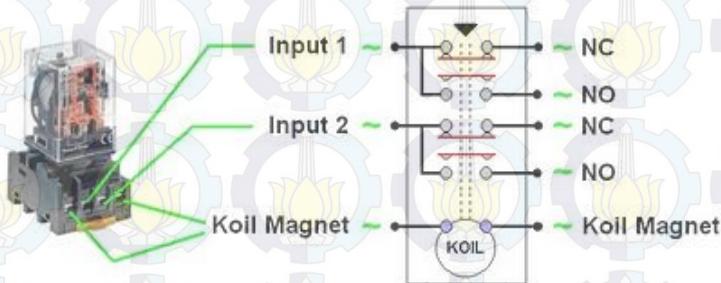
$N2$ = harga minimum dari m (*OFF*)

Dibawah ini adalah gambar mode pulsa pengendalian *on-off* yang terlihat, jika *error* sering naik turun dengan cepat, maka *variabel termanipulasi* (m) akan sering sekali berubah dari maksimum ke minimum atau sebaliknya, hal ini dalam prakteknya tidak disukai, untuk itu pada pengendalian diberi *gap*.



Gambar 2.5 Mode pulsa pengendalian *ON/OFF*^[1]

2.5 Relay



Gambar 2.6 Relay^[5]

Relay adalah komponen elektronika berupa saklar elektronik yang digerakkan oleh arus listrik. Secara prinsip, relay merupakan tuas saklar dengan lilitan kawat pada batang besi (solenoid) di dekatnya. Ketika solenoid dialiri arus listrik, tuas akan tertarik karena adanya gaya magnet yang terjadi pada solenoid sehingga kontak saklar akan menutup. Pada saat arus dihentikan, gaya magnet akan hilang, tuas akan kembali ke posisi semula dan kontak saklar kembali terbuka.

Konfigurasi dari kontak-kontak relay ada tiga jenis, yaitu:

- Normally Open (NO), apabila kontak-kontak tertutup saat relay dicatu
- Normally Closed (NC), apabila kontak-kontak terbuka saat relay dicatu

2.6 Tabung Minyak Tanah

Prinsip kerja dari tabung minyak tanah adalah Energi pembakaran berasal dari bahan bakar cair biasanya yang digunakan adalah minyak tanah. Agar dapat naik ke atas maka tangki bahan bakar harus diberi tekanan sekitar 4 bar. Untuk menghasilkan energi panas yang besar, maka diperlukan jumlah aliran bahan bakar yang besar dalam waktu singkat. Kemudian agar bahan bakar lebih mudah terbakar, maka bahan bakar ini perlu di semprotkan atau diuapkan agar ukuran partikelnya menjadi lebih kecil. Sehingga di ujung saluran minyak sebelum

burner ditempatkanlah sebuah nosel guna mengkabutkan bahan bakar.



Gambar 2.7 Tangki Bahan Bakar Miyak Tanah

2.7 Lampu Indikator

Lampu pijar adalah sumber cahaya buatan yang dihasilkan melalui penyaluran arus listrik melalui *filamen* yang kemudian memanaskan dan menghasilkan cahaya. Kaca yang menyelubungi *filamen* panas tersebut menghalangi udara untuk berhubungan dengannya sehingga *filamen* tidak akan langsung rusak akibat teroksidasi. Lampu pijar dipasarkan dalam berbagai macam bentuk dan tersedia untuk tegangan (*voltase*) kerja yang bervariasi dari mulai 1,25 volt hingga 300 volt. Energi listrik yang diperlukan lampu pijar untuk menghasilkan cahaya yang terang lebih besar dibandingkan dengan sumber cahaya buatan lainnya seperti lampu pijar dan dioda cahaya, maka secara bertahap pada beberapa negara peredaran lampu pijar mulai dibatasi.



Gambar 2.8 Lampu Indikator^[8]

2.8 Arduino Uno ATmega328

Arduino uno adalah board berbasis mikrokontroler pada ATmega328. *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.

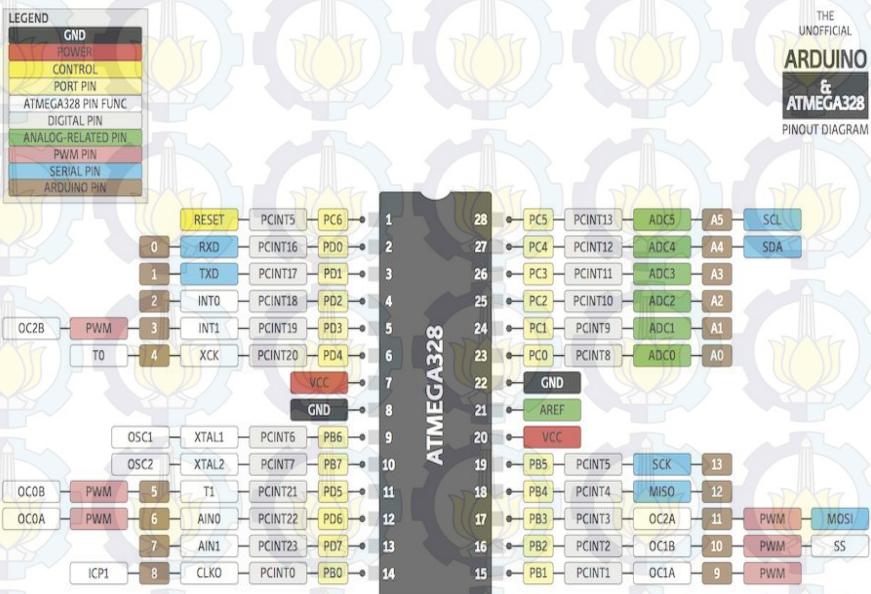
- Circuit Reset



Gambar 2.9 Board Arduino Uno^[3]

Board *Arduino Uno* memiliki fitur-fitur baru sebagai berikut:

- 1,0 pinout: tambah SDA dan SCL pin yang dekat ke pin aref dan dua pin baru lainnya ditempatkan dekat ke pin *RESET*, dengan IO REF yang memungkinkan sebagai *buffer* untuk beradaptasi dengan tegangan yang disediakan dari board sistem. Pengembangannya, sistem akan lebih kompatibel dengan *Prosesor* yang menggunakan AVR, yang beroperasi dengan 5V dan dengan Arduino Karena yang beroperasi dengan 3.3V. Yang kedua adalah pin tidak terhubung, yang disediakan untuk tujuan pengembangannya.



Gambar 2.10 Pinout Diagram Arduino Atmega 328^[3]

Deskripsi Arduino UNO:

Tabel 1. Deskripsi *Arduino Uno* (forum.arduino.cc)

Mikrokontroler	Atmega328
Operasi Voltage	5V
Input Voltage	7-12 V (Rekomendasi)
Input Voltage	6-20 V (limits)
I/O 14 pin	(6 pin untuk PWM)
Arus	50 mA
Flash Memory	32KB
Bootloader	SRAM 2 KB
EEPROM	1 KB
Kecepatan	16 Mhz

2.9 LCD (*Liquid Crystal Display*) 16x2

LCD (Liquid Cristal Display) berfungsi untuk menampilkan karakter angka, huruf atau simbol dengan baik dan konsumsi arus yang lebih rendah. *LCD (Liquid Cristal Display)* dot matrik terdiri dari bagian penampil karakter (*LCD*) yang berfungsi untuk menampilkan karakter dan bagian sistem prosesor *LCD* dalam bentuk rangkaian modul dengan mikrokontroler yang diletakan dibagian belakang *LCD* tersebut yang berfungsi untuk mengatur tampilan LCD serta mengatur komunikasi antara LCD dengan mikrokontroler. Modul prosesor pada LCD memiliki memori tersendiri sebagai berikut: *CGROM (Character Generator Read Only Memory)*, *CGRAM (Character Generator Random Access Memory)*, *DDRAM (Display Data Random Access Memory)*.



Gambar 2.11 Bentuk LCD (*Liquid Cristal Display*) Dot Matrix 2×16

- **Fungsi Pin LCD (*Liquid Cristal Display*) Dot Matrix 2×16.**
DB0 – DB7 adalah jalur data (*data bus*) sebagai jalur komunikasi dalam mengirimkan dan menerima data atau instruksi dari mikrokontroler ke modul LCD ini. RS yaitu pin yang berfungsi sebagai selektor register (*register select*) dimana dengan memberikan logika *low* (0) sebagai *register* perintah dan logika *high* (1) sebagai *register* data. R/W adalah pin dengan fungsi menentukan mode baca atau tulis dari data yang terdapat pada DB0 – DB7, yaitu dengan memberikan logika *low* (0) untuk fungsi *read* dan logika *high* (1) untuk mode *write*. Pin *Enable* (E), berfungsi sebagai *Enable Clock LCD*, berlogika 1 setiap kali pengiriman atau pembacaan data.

2.10 Driver Relay

Relay merupakan salah satu komponen yang dapat digunakan dalam pensaklaran. Switching dapat dilakukan terhadap suatu beban dengan tegangan dan daya tinggi berdasarkan input sinyal yang lebih rendah. Pensaklaran dengan menggunakan relay dilakukan secara mekanik dengan memanfaatkan medan magnet yang dibangkitkan oleh solenoid berdaya rendah. Relay ini menghubungkan rangkaian beban ON atau OFF dengan pemberian energi elektromagnetis. Relay mempunyai variasi aplikasi yang luas baik pada rangkaian listrik maupun elektronis, misalnya digunakan pada control dari kran-daya cairan dan di banyak control urutan mesin, misalnya operasi pemoran (tanah), pemoran plat. Relay biasanya

hanya mempunyai satu kumparan, tetapi relay dapat mempunyai beberapa kontak. Relay elektromekanis berisi kontak diam dan kontak bergerak. Kontak yang bergerak dipasangkan pada plunger. Kontak ditunjuk sebagai normally open (NO) dan normally close (NC). Apabila kumparan diberi tenaga, terjadi medan elektromekanis. Aksi pada medan pada gilirannya menyebabkan plunger bergerak pada kumparan menutup kontak NO dan membuka kontak NC. Jarak gerak plunger pendek sekitar $\frac{1}{4}$ in atau kurang.



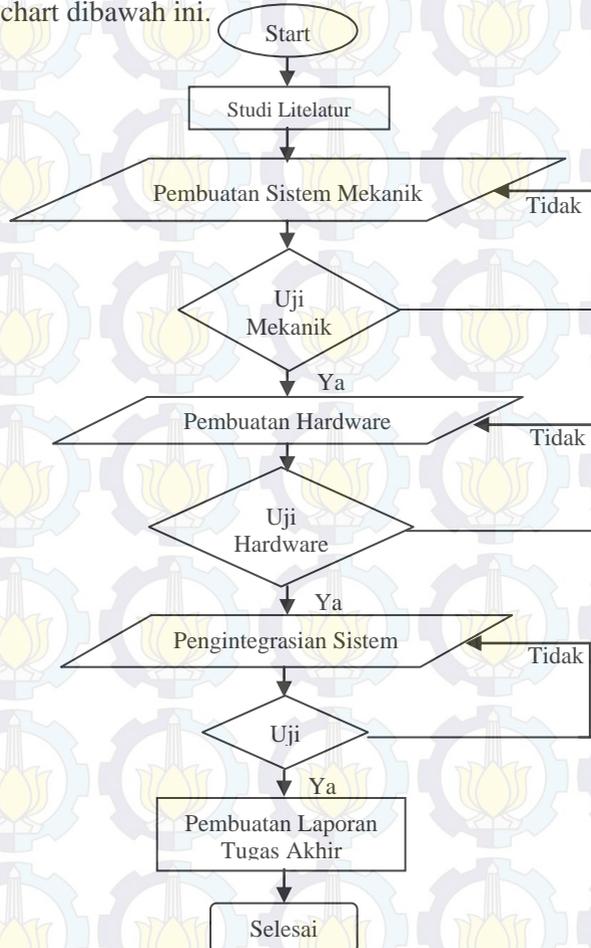
Gambar 2.12 Driver Relay

Driver relay ini digunakan untuk menghubungkan port paralel pada komputer dengan hardware luar berupa pengaktifan relay. Disini driver relay menggunakan transistor sebagai penguat arus, karena outputan arus dari PC tidak mampu untuk menggerakkan relay. Disamping itu digunakan juga optocoupler sebagai pelindung PC dari terjadinya arus balik yang dapat merusak komponen dalam komputer

BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1 Blok Diagram Perancangan Alat

Konsep dasar pada perancangan dan pembuatan sistem pengendalian Tekanan dilakukan dengan tahap-tahapan seperti pada flowchart dibawah ini.



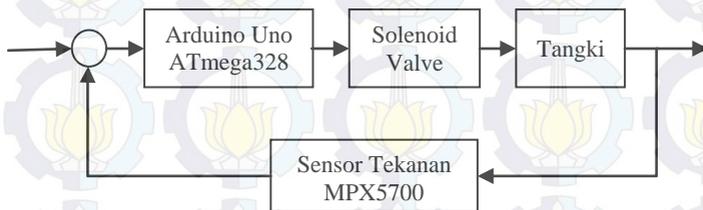
Gambar 3.1 Blok Diagram Perancangan Alat



Gambar 3.3 LCU (*Local Control Unit*)

3.2.1 Perancangan Sistem Pengendalian Tekanan

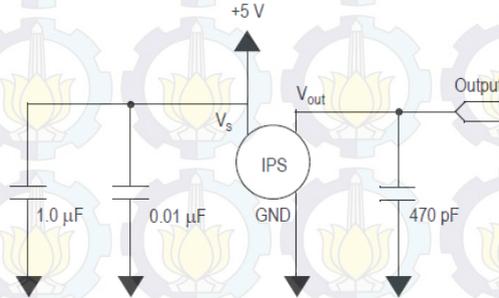
Rancang bangun sistem pengendalian tekanan pada tangki penampung bahan bakar minyak tanah menggunakan inputan tekanan udara didalam tangki yang kemudian data tersebut akan dimasukkan kedalam *controller*. *Controller* yang digunakan *Arduino Uno ATmega328* kemudian *controller* mengirimkan perintah kedalam *actuator* yang berupa solenoid valve yang digunakan untuk mengalirkan udara dari kompresor ke tangki penampung bahan bakar minyak tanah pada *plant kondensat*. dalam sistem pengendalian ini menggunakan sensor tekanan MPX5700 yang berfungsi mengetahui berapa tekanan dalam tangki pada proses ini dapat dilihat dalam diagram blok sebagai berikut:



Gambar 3.4 Blok Diagram Sistem Pengendalian Alat

Gambar 3.4 di atas adalah gambar blok diagram sistem pengendalian *level* pada tangki miniplant *kondensat* yang terdiri

dari Mikrokontroler Arduino Uno ATmega328 sebagai *controller* bermode *on off* . Solenoid valve sebagai aktuator, tangki sebagai tempat pemrosesan dan sensor tekanan sebagai sensor atau transmitter.



Gambar 3.5 Skema Rangkaian Sensor Tekanan^[A]

Udara yang mengalir kedalam tangki penampung bahan bakar minyak tanah yang tekanannya akan dideteksi oleh sensor tekanan, lalu sensor tekanan akan mengirimkan data dari V_{out} sensor ke mikrokontroler dan diolah kembali oleh mikrokontroler lalu mikrokontroler akan mengirimkan data dan menampilkannya ke LCD. Untuk menyalakan atau mematikan solenoid valve disini digunakan set point sebesar $< 0,005 \text{ kPa}$ untuk menyalakan solenoid valve atau kondisi high maka solenoid valve akan menyala dan tekanan disalurkan ke pemrosesan berikutnya. Begitu juga sebaliknya solenoid valve akan mati ketika pada posisi low sebesar $> 0.3 \text{ kPa}$.

3.2.2 Perancangan Catu Daya

Catu daya (*power supply*) merupakan sumber tenaga yang dibutuhkan suatu rangkaian elektronika untuk bekerja. Besar *power supply* ini tergantung oleh spesifikasi dari alat masing – masing. Pada perancangan system pengendali ini *power supply* digunakan untuk *mensupply* Mikrokontroler Arduino Uno ATmega328 dan *driver relay*.

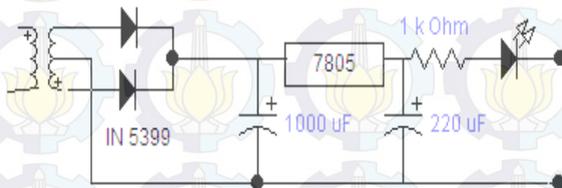
Pada rangkaian *power supply* pada umumnya kita sering menggunakan IC regulator dalam mengontrol tegangan yang kita

inginkan. Regulator tegangan menjadi sangat penting gunanya apabila kita mengaplikasikan *system power* tersebut untuk rangkaian – rangkaian yang membutuhkan tegangan yang sangat stabil. Misalkan untuk sistem *digital*, terutama untuk Arduino Uno ATmega328 (Mikroprosesor atau Mikrokontroler) yang sangat membutuhkan tegangan dan arus yang sangat stabil.

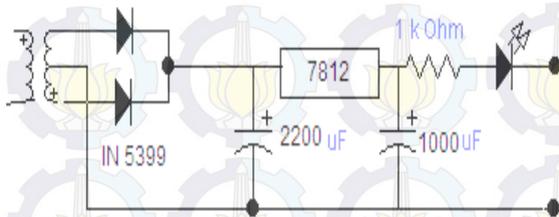
IC regulator yang umum digunakan untuk, mengontrol tegangan adalah IC keluarga 78XX. IC ini dapat mengontrol tegangan dengan baik. Keluaran tegangan yang diinginkan tinggal melihat tipe yang ada. Misalkan tipe 7805 dapat memberikan keluaran tegangan 5 Volt dengan toleransi ± 1 , dengan arus keluaran maksimal 1500 mA.

Rangkaian Tegangan 5 Volt dan 12 Volt

Rangkaian ini merupakan aplikasi dari regulator tegangan IC 7805 dan IC 7812 yang dapat mengeluarkan tegangan 5 Volt dan 12 Volt DC. Rangkaian ini dibangun dari beberapa komponen yakni, dioda 1N 5399 yang merupakan dioda yang dapat melewati arus maksimal 2 *Ampere*, selain itu dioda ini juga berfungsi untuk menjadikan sinyal AC sinusoidal yang melewatinya menjadi sinyal DC setengah gelombang.



Gambar 3.6 Power Supply 5 Volt^[3]



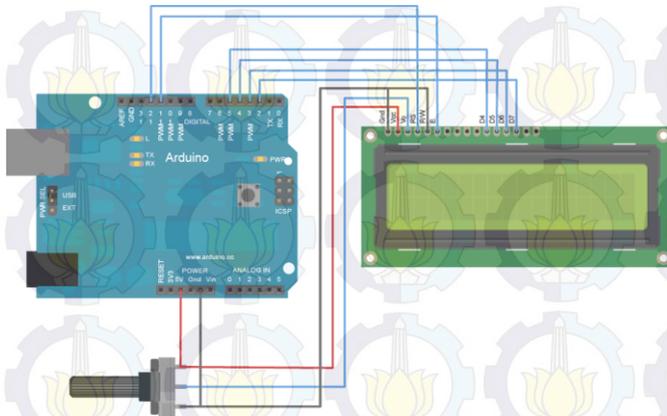
Gambar 3.7 Power Supply 12 Volt^[3]

Kemudian selain itu dibangun oleh kapasitor yang berfungsi untuk memperhalus sinyal DC keluaran dari dioda. Setelah itu sinyal DC keluaran dari kapasitor akan di inputkan pada regulator 7805 dan 7812. Hasil keluaran dari IC 7805 dan 7812 adalah tegangan 5 Volt dan 12 Volt dengan arus 2 A.

3.2.3 Perancangan Display LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD yang digunakan 2 baris x 16 kolom. LCD memiliki memori internal yang berisi definisi karakter sesuai dengan standar ASCII (CGROM – *Character Generator ROM*) dan memori sementara (RAM) yang bisa digunakan bila memerlukan karakter khusus (berkapasitas 8 karakter).

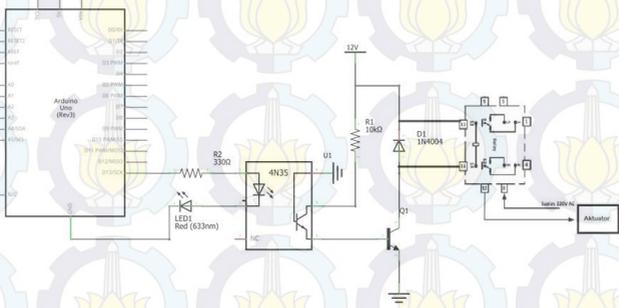
RAM ini juga berfungsi untuk menyimpan karakter yang ingin ditampilkan di LCD. Pada perancangan LCD ini dimaksudkan untuk menampilkan data yang tersensing pada sensor dapat ditampilkan dengan tujuan untuk memonitoring tekanan pada tangki Untuk pemrograman mikrokontroler menggunakan software Arduino yang merupakan *software* untuk *download* ke mikrokontroler. Program yang kita tulis dalam *coding* Arduino.exe melalui pin *Analog in* A0 dan kemudian dikonversikan dalam bentuk bilangan heksadesimal yang secara otomatis akan mengoreksi error program. Bila *error* adalah nol maka program bisa di *download* menuju mikrokontroler.



Gambar 3.8 LCD 2 x 16^[3]

3.2.4 Rangkaian Driver Relay

Fungsi utama dari driver relay ini adalah sebagai pengaktif relay yang selanjutnya relay tersebut mengaktifkan device selanjutnya. Pada driver relay ini digunakan transistor 2N3906 *type* PNP yang berfungsi sebagai transistor switching. Pada kaki emitter di beri masukan tegangan sebesar 5 V sehingga ketika transistor tersebut aktif maka tegangan 5 V akan keluar dari kaki collector, transistor tersebut akan mengkontak (switching) atau aktif dan meneruskan arus ketika diberi inputan ground pada kaki basisnya. seluruh rangkaian ini akan aktif ketika ada inputan ground yang menuju basis pada transistor 2N3906, Adapun cara pengujian driver relay ini adalah memberikan inputan pada setiap rangkaian driver relay yang berjumlah 2 buah dengan inputan plus-ground karena relay ini terdiri 3 buah dimana relay pertama bertindak sebagai selector, kemudian relay kedua bertindak sebagai pengatur vreff dari sensor dan yang terakhir bertindak sebagai output ke solenoid valve.



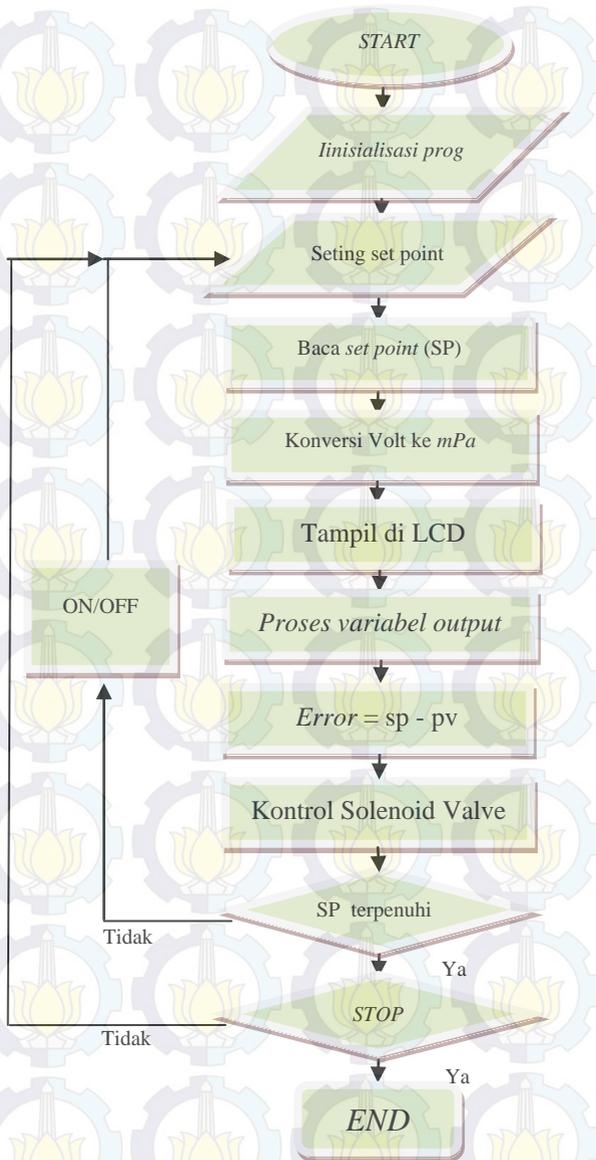
Gambar 3.9 Driver Relay^[5]

3.3 Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)

Perancangan *software* yang digunakan pada tugas akhir ini adalah dengan *mikrokontroller Arduino Uno ATmega328* yang dibuat dan di sesuaikan dengan keberadaan *Hardware* yang digunakan. Perancangan *software* pada dasarnya terdiri dari beberapa bagian pokok yaitu:

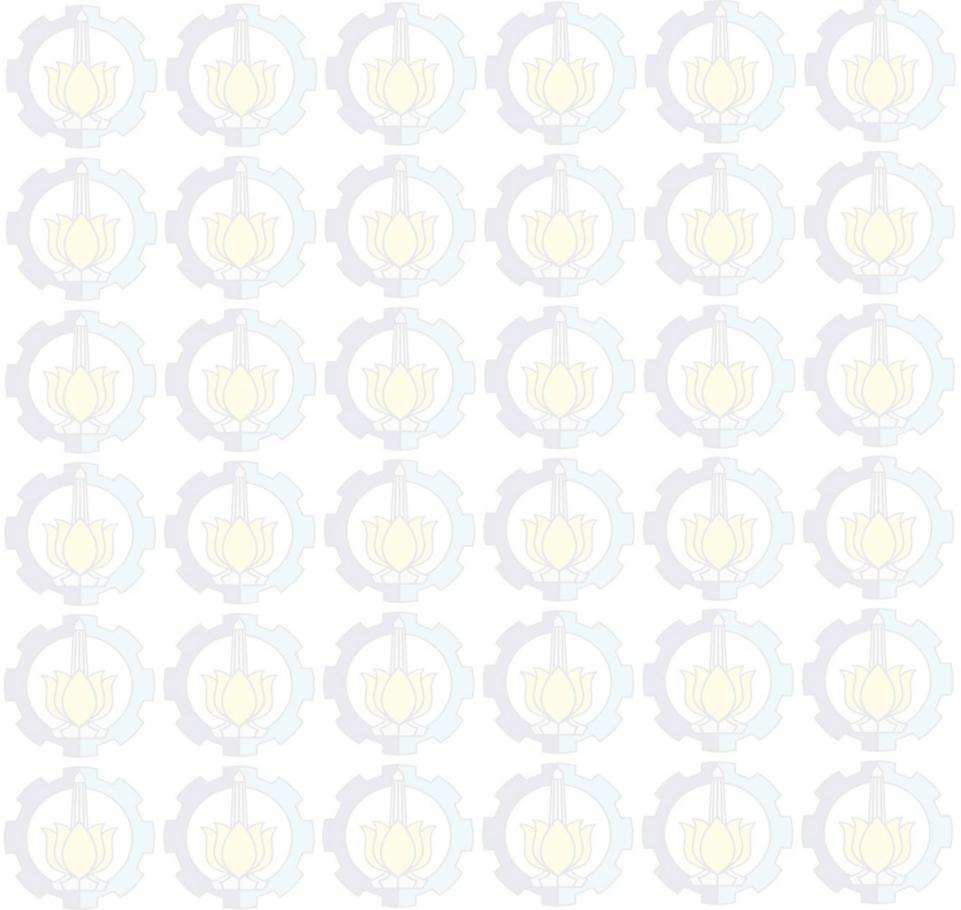
1. *Software* yang dipakai untuk pembacaan *Mikrokontroller Arduino Uno*.
2. *Software* yang dipakai untuk pembacaan output sinyal dari sensor oleh *mikrokontroller Arduino Uno* yang digunakan sebagai data pengolahan data.
3. *Software* mengkonversi nilai tegangan ke mPa.
4. *Software* penampil ke display LCD.

Perancangan *software* digunakan untuk mendukung kerja dari perangkat *hardware*. Pada proses pengisian listing program digunakan *software* *Arduino.exe*



Gambar 3.8 Flowchart Program

flowchart diatas menjelaskan tentang perancangan *software* pada mikrokontroller. Input dari ADC pada mikrokontroller adalah data *Vout* dari sensor tekanan kemudian akan di masukkan nilai *set point*. ADC pada mikrokontroller akan membaca dan akan mengkonversi menjadi nilai *kPa* yang akan tampil pada LCD. Kemudian data pengukuran akan menghasilkan *error*, selanjutnya mikrokontroller akan bekerja dengan *mode* pengendalian *On-Off* sesuai dengan perintah yang diberikan.



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Rancang Bangun

Telah dibangun sistem pengendalian tekanan pada tangki penampung bahan bakar minyak tanah supplay bahan bakar furnace sesuai dengan hasil rancangan yang menggunakan sensor MPX5700 yang mampu mengukur tekanan udara pada tangki penampung bahan bakar minyak tanah sebesar 0 – 700 kPa.



Gambar 4.1 Mini Plant Kondensat

Pada proses pengendalian di Mini Plant Kondensat ini memerlukan sistem pengendalian otomatis bermode *on-off* ini berfungsi untuk mengendalikan temperature di ruang bakar, bahan bakar yang dapat dipergunakan yaitu minyak tanah. Jika mempergunakan bahan bakar minyak tanah, maka harus diberi tekanan agar dapat di semprotkan pada ruang bakar. Untuk itu diperlukan tangki sebagai penampung bahan bakar minyak tanah

yang diberi tekanan dari kompresor, dimana tekanan didalam tabung dijaga pada range nilai tertentu. Agar tekanan didalam tabung terjaga, maka diperlukan sistem pengendalian yang dapat menghidup matikan kompresor dalam rangka menjaga *range* tekanan di dalam tabung. Sistem ini terdiri dari sensor tekanan MPX5700 pada tabung minyak tanah, Arduino Uno Atmega328 sebagai kontroler, relay dan compressor sebagai plant.

4.2 Pengujian Sensor Pressure

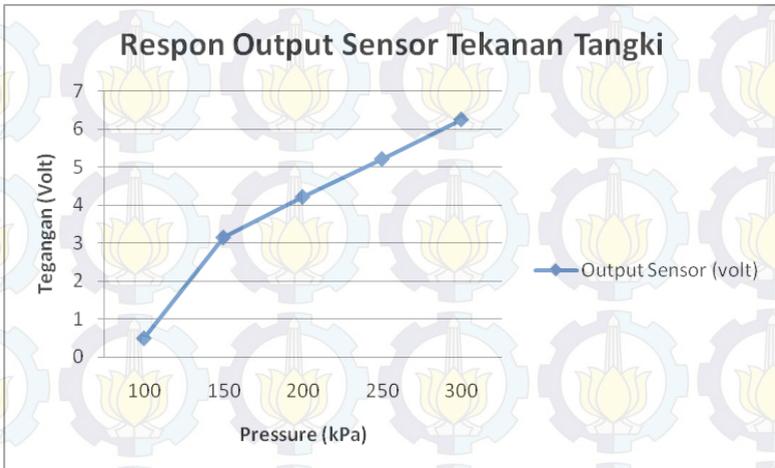
Sensor tekanan (*Pressure*) yang digunakan pada proses pengendalian ini adalah sensor MPX5700GS dimana sensor ini mempunyai *range* 0 – 700 kPa. Pengujian pada rangkaian sensor adalah mengukur tegangan keluaran dari rangkaian yang masuk pada pin *Analog in* A0 yang sudah tersedia didalam rangkaian Mikrokontroler Arduino Uno ATmega328 dengan *response time* 1 ms. Berdasarkan pengujian nilai tekanan terhadap tegangan didapatkan data sebagai berikut :

Tabel 4.1 Tegangan keluaran sensor tekanan pada tangki

Tekanan (kPa)	Percobaan ke-						Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	
100	0,49	0,49	0,48	0,48	0,49	0,50	0,48
150	0,77	0,77	0,78	0,77	0,77	0,78	3,14
200	1,05	1,05	1,05	1,05	1,07	1,07	4,21
250	1,25	1,25	1,26	1,25	1,25	1,25	5,21
300	1,50	1,50	1,50	1,50	1,52	1,53	6,25
$\Sigma = 1000$							$\Sigma = 19,30$

$$\text{Sensivitas} = \frac{\Delta \text{Output}}{\Delta \text{Input}} = \frac{(6.25 - 0)V}{(300 - 0)kPa} = \frac{6.25}{300} = 0.020 \text{ V/kPa}$$

Dari data perhitungan sensivitas didapatkan nilai sensivitas dari sensor tekanan = 0.020 V/kPa. Data keluaran sensor pressure didapat pada percobaan dengan *range* pengukuran yaitu 100 – 300 kPa dan dilakukan pengambilan data sebanyak 5 kali setiap data tekanan. Data yang diperoleh kemudian dilakukan perhitungan rata – rata dari hasil pengukuran dengan jumlah pengukuran sebanyak 6 kali.



Gambar 4.2 Grafik Respon Keluaran Sensor Tekanan Pada Tangki

Pada grafik diatas merupakan respon keluaran dari sensor tekanan yang diambil dari data pengukuran rata – rata pada tegangan keluaran sensor tekanan pada tangki tersebut. Data keluaran berupa tegangan pada sumbu Y terhadap data masukan yang berupa tekanan dengan range 100 – 300 kPa yang berada pada sumbu X. Hasil grafik menunjukkan bahwa keluaran sensor *linear* terhadap masukan yang berupa tekanan hal ini dikarenakan sensor MPX5700GS merupakan sensor yang mempunyai *sensivitas linear* yang sudah terkalibrasi. Pada data pengukuran telah dikalibrasi dengan *pressure gauge*.

Tabel 4.2 Perhitungan Toleransi error Tekanan Tangki

No.	Tekanan (kPa)	Tampilan LCD	Error (Kpa)	$(x - \bar{x})$ Deviasi	$(x - \bar{x})^2$ Deviasi ²
1	100	100	0	-0.4	0.16
2	150	149	1	0.6	0.36
3	200	200	0	-0.4	0.16
4	250	251	1	0.6	0.36
5	300	300	0	-0.4	0.16
Rata - rata			0.4		$\Sigma = 1.2$

$$S(x_i) = \sqrt{\frac{\Sigma \text{Koreksi Deviasi}^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{1.2}{4}} = 0.3$$

Pada tabel diatas merupakan data tekanan sebenarnya dengan tampilan pada LCD dan Serial data Arduino. Data diatas diambil sebanyak 5 data dengan selisih 50 kPa pada setiap pengambilan data. Dari data tekanan sebenarnya dan tampilan LCD didapat *error* pada tiap datanya kemudian *error* rata-rata dari lima data tersebut menjadi toleransi pada sensor. Pada tabel didapatkan toleransi *error* pada sensor tekanan sebesar $\pm 0,1$.

4.3 Pengujian Sistem

Pada pengujian sistem *Local Control Unit (LCU) pressure* ini dilakukan dengan cara memberikan sinyal *input* yang berupa *Proses Variable (PV)* dimana pengendalian *pressure* merupakan pengendalian *on/off*. Dengan menentukan nilai tekanan yang diinginkan atau *set point*, sebesar 300 kPa selanjutnya pada tangki penyimpanan bahan bakar minyak tanah akan diisi udara dari kompressor hingga *pressure* dalam tangki mencapai 300 kPa setelah sensor mengukur sampai *setpoint* selanjutnya maka solenoid valve akan menutup sehingga tekanan dalam tabung akan sesuai dengan *set point*. Dan apabila tekanan kurang dari sama dengan 300 kPa maka *solenoid valve* akan membuka lagi dan begitu seterusnya.

Tabel 4.3 Data pengujian uji *input* dan *output* Tangki

No.	Tekanan (kPa)	Tampilan LCD	V out (Volt)	Aktuator (Solenoid.V)
1	100	100	0,49	On
2	150	149	0,77	On
3	200	200	1,05	On
4	250	251	1,25	On
5	300	300	1,50	Off

Pada data diatas merupakan uji *input* dan *output* tangki 1 dengan nilai *setpoint* tekanan mencapai 300 kPa. Diinginkan

ketika nilai mencapai 300 kPa maka pada aktuator (*solenoid valve*) akan menutup. Pada saat pengujian tekanan sebesar 300 kPa *solenoid valve* masih dalam keadaan aktif atau membuka, sampai tekanan mencapai 299 kPa. Setelah tekanan mencapai 300 kPa *solenoid valve* akan menutup. Apabila tekanan dikeluarkan sampai kurang dari 300 kPa maka *solenoid valve* akan membuka lagi sampai mencapai *set point*.

4.4 Pengujian Set Point

Dalam sistem pengendalian bagus tidaknya alat dapat dilihat dari sesuai atau tidaknya pengukuran sensor dalam mencapai *set point* yang diinginkan.

Tabel 4.4 Data Pengukuran Waktu Tangki

Waktu (m.second)	Set Point (kPa)	Proses Variabel (kPa)	Error
5	300	300	0
7	300	311	11
8	300	300	0
10	300	303	3
11	300	300	0

Pada tabel diatas menjelaskan tentang pengukuran *Pressure* tangki dengan *set point* 300 kPa. Untuk mencapai *set point* 300 kPa membutuhkan 5 ms. *Set point* sudah ditentukan 300 kPa jika *pressure* melebihi dari *set point* maka *actuator (solenoid valve)* akan menutup dan sebaliknya *pressure* kurang dari *set point* maka *solenoid valve* akan membuka kembali. Pada tabel diatas dapat dilihat setelah pengukuran mencapai *set point*, *pressure* akan terjaga sehingga tidak akan kurang dari 290 kPa dan tidak akan melebihi 330 kPa. Untuk error pada pengukuran adalah PV (Proses Variabel atau pengukuran) dikurangi *set point*. Pada kenyataanya hasil *pressure* pada tabung tidak selalu 300 kPa dikarenakan bukaan *solenoid* sangat cepat sehingga *pressure* yang masuk akan selalu sedikit melebihi *set point*. *Error* dari pengukuran tersebut dapat dilihat pada tabel 4.4.

4.5 Data Pengujian Kalibrasi Sensor

Kalibrasi sensor ini disangat dibutuhkan, karena dibutuhkan keluaran dari sensor yang telah sesuai dengan keluran yang ditetapkan. Pada pengujian kalibrasi sensor ini menggunakan *pressure gauge* sebagai kalibratornya. Hasil pengujian ini merupakan kalibrasi dari sensor tekanan *MPX5700GS*. Adapun perhitungan kalibrasi pada sensor dimulai dari mencari *span* sebagai berikut:

Span = nilai maksimum – nilai minimum

Span = 20 Psi – 0 Psi

Span = 20 Psi



Gambar 4.3 Kalibrasi Sensor

Setelah mendapatkan hasil dari *span(range)* yaitu 20 Psi, kemudian mencari nilai akurasi dan presisi dari sensor. Perhitungan akurasi menggunakan persamaan 4.1 didapatkan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Akurasi} = \sum = \frac{x}{n} \quad (4.1)$$

Tabel 4.5 Data Pengukuran Kalibrasi sensor

Analisa	1	2	3	4	5	Rata-rata
A	20.29	20.29	20.29	20.19	20.29	20.27 ± 0.02%
B	20.19	20.29	20.29	20.19	20.29	20.25 ± 0.04%
C	20.29	20.19	20.19	20.29	20.19	20.23 ± 0.06%
D	20.29	20.19	20.29	20.19	20.29	20.25 ± 0.04%

Sedangkan untuk perhitungan presisi sebagai berikut:

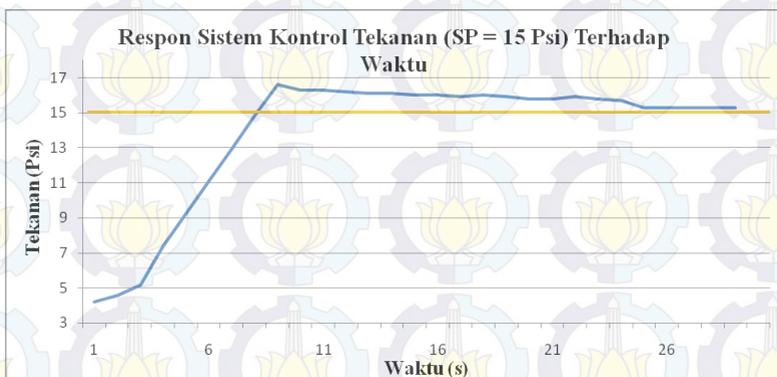
$$\text{Presisi} = \sigma = \sqrt{V} = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X}_i)^2}{n-1}}$$

$$\sigma = 0,02631$$

Pada pengambilan data kalibrasi sensor, adanya perubahan pada satuan kPa menjadi Psi dikarenakan *pressure gauge* menggunakan satuan Psi. Jadi keluaran sensor harus dikonversikan ke dalam satuan Psi. Dan dapat dilihat dari nilai rata-rata pada table 4.5 diatas tingkat keakurasiannya adalah $\pm 99,6\%$ dan $\sigma = 0,02631$.

4.6 Pengujian Respon Sistem Kontrol Tekanan

Berikut ini merupakan perhitungan rata-rata kenaikan tekanan yang dihasilkan berdasarkan waktu. Data yang diambil berdasarkan waktu pembacaan kontroller pada *serial monitor* di *software arduino* pada setiap *set point* 15 Psi dan 20 Psi. Berikut merupakan grafik pengambilan data rata-rata kenaikan tekanan berdasarkan waktu.



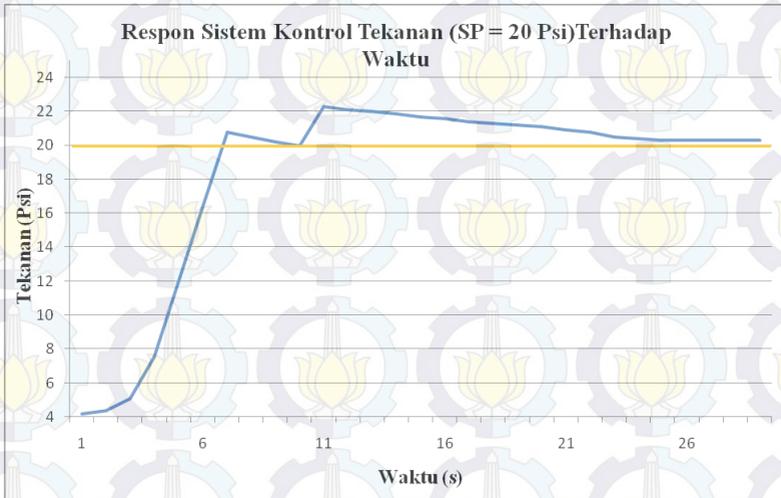
Gambar 4.4 Grafik Respon Sistem Kontrol Tekanan dengan *Set Point* 15 Psi

Range kenaikan tekanan = 0 – 15 Psi

Span kenaikan tekanan = 15 Psi

Dari grafik diatas dapat diketahui :

1. Rise Time (t_r) = 3 – 8 s
2. Settling Time (t_s) = untuk mencapai set point membutuhkan waktu 24 s



Gambar 4.5 Grafik Respon Sistem Kontrol Tekanan dengan Set Point 20 Psi

Range kenaikan tekanan = 0 – 20 Psi

Span kenaikan tekanan = 20 Psi

Dari grafik diatas dapat diketahui :

1. Rise Time (t_r) = 3 – 9 s
2. Settling Time (t_s) = untuk mencapai set point membutuhkan waktu 26 s

Dari data – data yang didapatkan diatas maka dilakukan perhitungan untuk mengetahui performasi alat ukur tekanan yang berupa sensor MPX5700. Pengujian pada rangkaian sensor adalah mengukur tegangan keluaran dari rangkaian yang masuk pada pin *Analog in A0* yang sudah tersedia didalam rangkaian Mikrokontroler Arduino Uno ATmega328 dengan *response time* 1 s.

Tabel 4.6 Pengujian sensor tekanan untuk nilai σ dan UA_1

Range Ukur	Pembacaan Standar	Pembacaan Alat	Koreksi	$[y_i - y_i]$	$[y_i - y_i]^2$
	$[Q_i]$	$[x_i]$	$[y_i]$		
20	(Psi)	(Psi)			
	20	20.39	0.39	0.10	0.01
	20	20.29	0.29	0.29	0.08
	20	20.19	0.19	-0.10	0.01
	20	20.29	0.29	0.00	0.00
Jumlah	100	101.45	1.45	0.29	0.02
Rata-rata	20	20.29	0.29	0.06	0.02

Dari data pada tabel 4.6 dapat dicari UA_1 dengan mencari nilai standar deviasi terlebih dahulu. Nilai UA_1 didapatkan dengan cara sebagai berikut :

$$\text{Standar Deviasi} = \sqrt{\frac{[y_i - y_i]^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0.02}{4}} = 0.07$$

$$UA_1 = \frac{\sigma_{\text{maks}}}{\sqrt{n}} = \frac{0.07}{5} = 0.03$$

Dimana :

σ = Standar Deviasi

n = banyak data

UA_1 = Ketidakpastian pengukuran

Sedangkan untuk mencari nilai UA_2 , harus mencari nilai y_{reg} dan SSR sehingga dapat mencari nilai UA_2 . Untuk menghitung nilai y_{reg} harus mencari nilai a dan b. Berikut tabel 4.7 dan tabel 4.8 adalah data pengujian untuk mencari nilai ketidak pastian pendekatan regresi atau UA_2 .

Tabel 4.7 Pengujian Sensor Tekanan untuk nilai UA_2

Range Ukur	Pembacaan Standar	Rata-Rata Pembacaan Alat	Koreksi			Koreksi dari Persamaan Regresi	Residu	Square Residu
	[xi]	[Qi]	[yi]	[xi,yi]	[xi]2	yreg=[xi]	[yi-yreg]	[yi-yreg]2
Kenaikan Pressure (Psi)	(Psi)	(Psi)						
5	5	5.07	-0.07	-0.35	25	-0.04	-0.03	0.0011
8	8	8.06	-0.06	-0.48	64	-0.06	0.00	0.0000
12	12	12.03	-0.03	-0.36	144	-0.09	0.06	0.0035
17	17	17.11	-0.11	-1.87	289	-0.13	0.02	0.0003
20	20	20.19	-0.19	-3.8	400	-0.15	-0.04	0.0017
Jumlah	62	62.46	-0.46	-6.86	922	-0.46	0.00	0.01
rata-rata	12.4	12.492	-0.092	-1.372	184.4	-0.09	0.00	0.00131

Kemudian untuk mencari nilai UA_2 harus diketahui a dan b yang bertujuan untuk mengetahui persamaan Y_{reg} . setelah dihitung didapatkan nilai a = 0.00157 dan nilai b = -0.00755. Dan $Y_{reg} = a + (b.xi)$ dan nilai R didapatkan dengan cara $[yi-yreg]^2$ dan didapatkan nilai $SSR = \sum R^2 = 0.01$.

$$UA_2 = \sqrt{\frac{SSR}{n-2}} = \sqrt{\frac{0.01}{5-2}} = 0.04675$$

Dimana :

UA_2 = ketidakpastian regresi

n = Jumlah data

SSR = Sum Square Residual

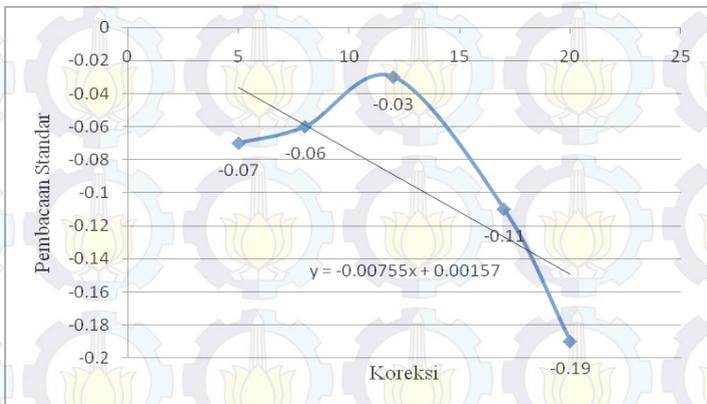
Setelah diketahui nilai UA_2 kemudian mencari Ketidakpastian dari nilai U_{exp} harus diketahui nilai ($k \cdot U_c$), dan setelah dilakukan perhitungan didapatkan nilai $UB_1 = 0.02886$ dan $U_c = 0.06371$ dengan faktor cakupan $k = 3.365$

$$U_{exp} = k \cdot U_c = 3.365 \times 0.06371 = 0.21441$$

Dimana :

k = faktor cakupan

U_c = ketidakpastian kombinasi



Gambar 4.5 Grafik Ketidakpastian Respon Sistem Kontrol Tekanan

Dari data-data yang telah diperoleh dari kedua tabel diatas, dilakukan perbandingan nilai tekanan dari alat kalibrator standar (*pressure gauge*), dengan alat yang dibuat dengan daya yang

sama. Pengambilan data pada pengujian ini adalah 5 data. Pada tabel 4.7 adalah data yang telah diambil ketika pengujian alat, sehingga dapat dicari nilai ketidakpastian hasil pengukuran (UA_1) dengan nilai standar deviasi (σ). Nilai standar deviasi berdasarkan perhitungan didapat 0,07 dan nilai ketidakpastian UA_1 yaitu sebesar 0,03. Pada tabel 4.7 adalah data untuk perhitungan nilai ketidakpastian dengan pendekatan regresi (UA_2). Dan didapatkan nilai sebesar 0,07. Jadi nilai ketidakpastian alat ukur dengan pendekatan regresi sebesar 0,046.

Data dari respon sistem kontrol tekanan diketahui *performance* pada *settling time* untuk mencapai *set point* tekanan yang dapat dilihat pada gambar 4.4 dan 4.5 grafik respon sistem kontrol tekanan dengan *Set Point* 15 Psi yang membutuhkan waktu 24 *second* dan 20 Psi membutuhkan waktu 26 *second*. Sedangkan *rise time* waktu yang dibutuhkan untuk mencapai *setpoint* 15 Psi yang dihasilkan yaitu 3 – 8 *second* dan 20 Psi yang dihasilkan yaitu 3 – 9 *second*. Kemudian span yang dihasilkan adalah 20 Psi.

Dari monitoring tekanan pada tangki penampung bahan bakar minyak tanah yang dilakukan dapat dilihat bahwa tekanan yang diukur hampir mendekati dengan pengukuran *pressure gauge*. Dapat dilihat dari gambar 4.4 dan 4.5 grafik respon sistem kontrol tekanan dengan *Set Point* 15 Psi dan 20 Psi. Nilai tekanan yang didapatkan terlihat steady dan memuncak atau tekanan berlebihan sedikit, dikarenakan adanya tekanan yang tersimpan pada selang elastis yang menghubungkan solenoid dengan tangki bahan bakar minyak tanah.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan eksperimen yang telah dilakukan, maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- Pada pengendalian ini dapat diketahui nilai *range* PV 100 – 300 kPa pada tangki bahan bakar minyak tanah dan nilai *set point* 300 kPa akan menutup bukakan *solenoid valve*.
- Dari hasil grafik menunjukkan bahwa keluaran sensor *linear* terhadap masukan yang berupa tekanan hal ini dikarenakan sensor *MPX5700GS* merupakan sensor yang mempunyai *sensivitas linear*.
- Pada sistem pengendalian *pressure* seluruh *Local Control Unit* (LCU) pada mini plant di *monitoring* menggunakan LCD 2x16 dimana LCD akan menampilkan perubahan tekanan dengan *set point* 20 Psi.
- Pada pengendalian tekanan digunakan sebuah sensor *MPX5700GS* yang merupakan sensor tekanan yang telah terkalibrasi, untuk tangki penampung bahan bakar minyak tanah ini mempunyai *sensivitas* sebesar 0,020V/kPa dan *Error pembacaan sensor* $\pm 0,1$ kPa.

5.2 Saran

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam kelanjutan penelitian pada *Mini plant* ini, antara lain :

- Alat ini dapat disempurnakan dengan menambahkan *Safety Instrumented System* (SIS) agar *Plant* lebih terpoteksi keamanannya karena *plant* ini merupakan *plant* penghasil tekanan.
- Dari LCU (*Local Control Unit*) bisa dikomunikasikan lebih lengkap dengan dimonitoring oleh HMI (*Human Machine Interface*).



LAPIRAN A

DATA SHEET SENSOR MPX5700

Freescale Semiconductor
Data Sheet: Technical Data

Pressure
MPX5700
Rev 10, 10/2012

Integrated Silicon Pressure Sensor On-Chip Signal Conditioned, Temperature Compensated and Calibrated

MPX5700 Series

0 to 700 kPa (0 to 101.5 psi)
15 to 700 kPa (2.18 to 101.5 psi)
0.2 to 4.7 V Output

The MPX5700 series piezoresistive transducer is a state-of-the-art monolithic silicon pressure sensor designed for a wide range of applications, but particularly those employing a microcontroller or microprocessor with A/D inputs. This patented, single element transducer combines advanced micromachining techniques, thin-film metallization, and bipolar processing to provide an accurate, high level analog output signal that is proportional to the applied pressure.

Features

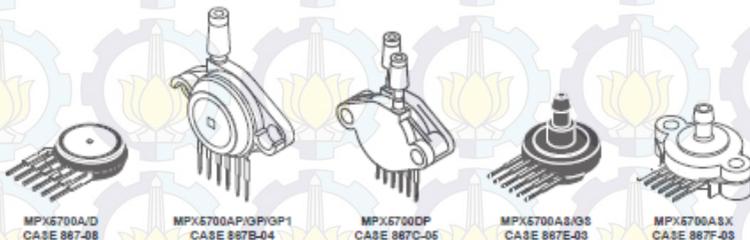
- 2.5% Maximum Error over 0° to 85°C
- Ideally Suited for Microprocessor or Microcontroller-Based Systems
- Available in Absolute, Differential and Gauge Configurations
- Patented Silicon Shear Stress Strain Gauge
- Durable Epoxy Unbody Element

ORDERING INFORMATION

Device Name	Case No.	# of Ports			Pressure Type			Device Name
		None	Single	Dual	Gauge	Differential	Absolute	
Unibody Package (MPX5700 Series)								
MPX5700A	867	*					*	MPX5700A
MPX5700AP	867B		*				*	MPX5700AP
MPX5700AS	867E						*	MPX5700A
MPX5700ASX	867F		*				*	MPX5700A
MPX5700D	867	*				*		MPX5700D
MPX5700DP	867C			*		*		MPX5700DP
MPX5700GP	867B		*		*			MPX5700GP
MPX5700GP ⁽¹⁾	867B		*		*			MPX5700GP
MPX5700GS	867E		*		*			MPX5700D

1. MPX5700GP1 has 90 degree lead form.

UNIBODY PACKAGES



Pressure

Operating Characteristics

Table 1. Operating Characteristics ($V_{S} = 5.0 \text{ Vdc}$, $T_{A} = 25^{\circ}\text{C}$ unless otherwise noted, $P1 > P2$. Decoupling circuit shown in required to meet electrical specifications.)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Pressure Range ⁽¹⁾	Gauge, Differential: MPX5700D Absolute: MPX5700A F_{OP}	0 15	—	700 700	kPa
Supply Voltage ⁽²⁾	V_{S}	4.75	5.0	5.25	Vdc
Supply Current	I_{O}	—	7.0	10	mAdc
Zero Pressure Offset ⁽³⁾	Gauge, Differential (0 to 85°C) Absolute (0 to 85°C) $V_{O\#}$	0.088 0.184	0.3	0.313 0.409	Vdc
Full Scale Output ⁽⁴⁾	(0 to 85°C) V_{FSO}	4.587	4.7	4.813	Vdc
Full Scale Span ⁽⁵⁾	(0 to 85°C) V_{FSS}	—	4.5	—	Vdc
Accuracy ⁽⁶⁾	(0 to 85°C)	—	—	±2.5	% V_{FSS}
Sensitivity	V/IP	—	6.4	—	mV/kPa
Response Time ⁽⁷⁾	t_{R}	—	1.0	—	ms
Output Source Current at Full Scale Output	$I_{O\#}$	—	0.1	—	mAdc
Warm-Up Time ⁽⁸⁾	—	—	20	—	ms

1. 1.0 kPa (KiloPascal) equals 0.145 psi.

2. Device is ratiometric within this specified excitation range.

3. Offset ($V_{O\#}$) is defined as the output voltage at the minimum rated pressure.

4. Full Scale Output (V_{FSO}) is defined as the output voltage at the maximum or full rated pressure.

5. Full Scale Span (V_{FSS}) is defined as the algebraic difference between the output voltage at full rated pressure and the output voltage at the minimum rated pressure.

6. Accuracy (error budget) consists of the following:

Linearity: Output deviation from a straight line relationship with pressure over the specified pressure range.

Temperature Hysteresis: Output deviation at any temperature within the operating temperature range, after the temperature is cycled to and from the minimum or maximum operating temperature points, with zero differential pressure applied.

Pressure Hysteresis: Output deviation at any pressure within the specified range, when this pressure is cycled to and from the minimum or maximum rated pressure, at 25°C.

T_C Span: Output deviation over the temperature range of 0° to 85°C, relative to 25°C.

T_C Offset: Output deviation with minimum rated pressure applied, over the temperature range of 0° to 85°C, relative to 25°C.

Variation from Nominal: The variation from nominal values, for Offset or Full Scale Span, as a percent of V_{FSS} , at 25°C.

7. Response Time is defined as the time for the incremental change in the output to go from 10% to 90% of its final value when subjected to a specified step change in pressure.

8. Warm-up Time is defined as the time required for the device to meet the specified output voltage after the pressure has been stabilized.

Maximum Ratings

Table 2. Maximum Ratings⁽¹⁾

Parametric	Symbol	Value	Unit
Maximum Pressure ⁽²⁾ (P2 is 1 Atmosphere)	P_{1max}	2800	kPa
Storage Temperature	T_{stg}	-40 to +125	°C
Operating Temperature	T_A	-40 to +125	°C

1. Maximum Ratings apply to Case 967 only. Extended exposure at the specified limits may cause permanent damage or degradation to the device.

2. This sensor is designed for applications where P1 is always greater than, or equal to P2. P2 maximum is 500 kPa.

Figure 1 shows a block diagram of the Internal circuitry integrated on a pressure sensor chip.

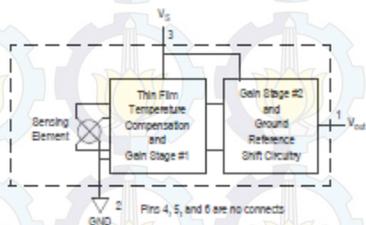


Figure 1. Fully Integrated Pressure Sensor Schematic

On-chip Temperature Compensation and Calibration

Figure 3. Illustrates both the Differential/Gauge and the Absolute Sensing Chip in the basic chip carrier (Case 867). A fluorosilicone gel isolates the die surface and wire bonds from the environment, while allowing the pressure signal to be transmitted to the sensor diaphragm. (For use of the MPX5700D in a high-pressure cyclic application, consult the factory.)

The MPX5700 series pressure sensor operating characteristics, and internal reliability and qualification tests are based on use of dry air as the pressure media. Media, other than dry air, may have adverse effects on sensor

performance and long-term reliability. Contact the factory for information regarding media compatibility in your application.

Figure 2. shows the sensor output signal relative to pressure input. Typical, minimum, and maximum output curves are shown for operation over a temperature range of 0° to 85°C using the decoupling circuit shown in . The output will saturate outside of the specified pressure range.

shows the recommended decoupling circuit for interfacing the output of the Integrated sensor to the A/D input of a microprocessor or microcontroller. Proper decoupling of the power supply is recommended.

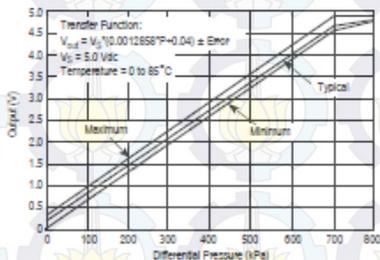


Figure 2. Output vs. Pressure Differential

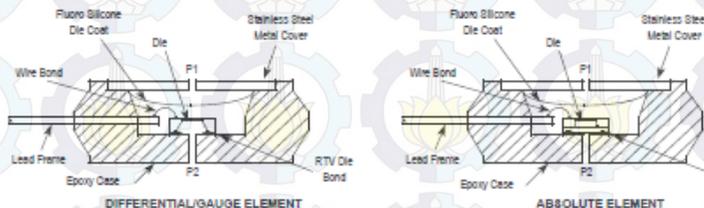


Figure 3. Cross-Sectional Diagrams (not to scale)

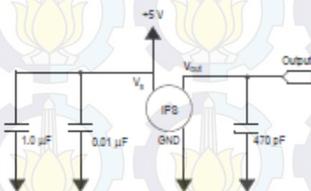


Figure 4. Recommended Power Supply Decoupling and Output Filtering (For additional output filtering, please refer to Application Note AN1646)

PRESSURE (P1)/VACUUM (P2) SIDE IDENTIFICATION TABLE

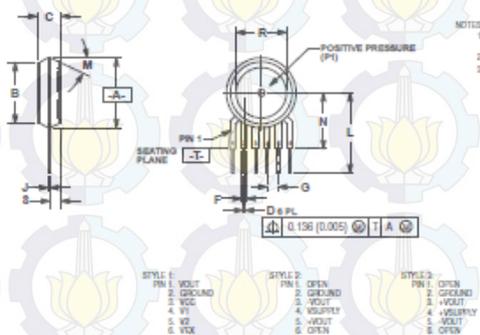
Freescal designates the two sides of the pressure sensor as the Pressure (P1) side and the Vacuum (P2) side. The Pressure (P1) side is the side containing fluorosilicone gel which protects the die from harsh media. The Freescale MPX

pressure sensor is designed to operate with positive differential pressure applied, $P1 > P2$.

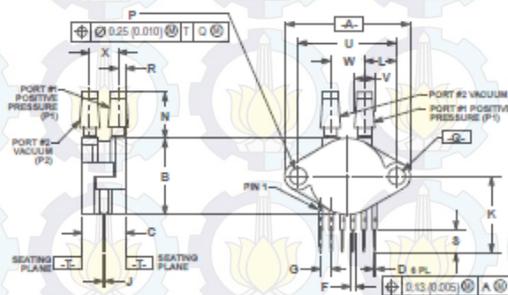
The Pressure (P1) side may be identified by using the following table.

Part Number	Case Type	Pressure (P1) Side Identifier
MPX5700AD	867	Stainless Steel Cap
MPX5700DP	867C	Side with Part Marking
MPX5700GPI/AP	867B	Side with Port Attached
MPX5700GSI/AS	867E	Side with Port Attached
MPX5700ASX	867F	Side with Port Attached

PACKAGE DIMENSIONS



CASE 867-08
ISSUE N
BASIC ELEMENT



CASE 867C-05
ISSUE F
PRESSURE AND VACUUM SIDES PORTED (DP)

LAMPIRAN B

LISTING PROGRAM ARDUINO UNO ATmega328

```
.....  
#include <LiquidCrystal.h>  
int k = 7;  
  
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);  
  
void setup() {  
  pinMode(7, OUTPUT);  
  lcd.begin(16, 2);  
  lcd.print(OUTPUT);  
  Serial.begin(9600);  
}  
  
void loop() {  
  
  int y = analogRead(A0); //output sensor MPX5700  
  
  float tekanan = y*(5.0/1023)*20.35; //konversi kPa to Psi  
  
  if (tekanan <14.00) //Psi  
    lcd.clear();  
    lcd.setCursor(0,0);  
    lcd.print("Tekanan=");  
    lcd.print(tekanan);  
    lcd.println("Psi");  
    lcd.setCursor(0,1);  
    lcd.print("  LOW PRESSURE");  
  
  {  
    digitalWrite(7, HIGH);
```

```
}  
if (tekanan > 20.00) //Psi  
{  
  digitalWrite(7, LOW);  
  lcd.clear();  
  lcd.setCursor(0,0);  
  lcd.print("Tekanan=");  
  lcd.print(tekanan);  
  lcd.println("Psi");  
  lcd.setCursor(2,1);  
  lcd.print("TA Indra 049");  
}  
  
Serial.println(tekanan);  
delay(1000);  
}
```

BIODATA PENULIS



Nama Penulis Indra Prasetyo, dilahirkan di Palembang 01 September 1992. Riwayat Pendidikan penulis dimulai dari TK Mentari 1 Prabumulih dilanjutkan SDN Bumi Sawit Permai dan dilanjutkan lagi di SMPN 1 Kudu dan dilanjutkan lagi di SMKN 3 Jombang dan tahun 2011 masuk di prodi D3 Metrologi dan Instrumentasi Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya dengan NRP : 2411 031 049. Apabila terdapat pertanyaan tentang tugas akhir penulis maka dapat menghubungi Nomor Telpen Penulis yaitu : 085649444997, dan dapat juga melalui Email Penulis yaitu : indra.prasetyo49@gmail.com .

DAFTAR PUSTAKA

- [1].Elang Sakti **Pengertian, Fungsi, Prinsip, dan Cara Kerja Relay**. <http://www.elangsakti.com/2013/03/pengertian-fungsi-prinsip-dan-cara.html>. diakses pada 12 Februari 2013.
- [2].Epriyani . **Alat pengukur tekanan gas lpg dengan keluaran digital** <http://digilib.polsri.ac.id/gdl.php?mod=browse&op=read&id=ssptpolsri-gdl-epriyani-5880> & PHPSESSID =a2083c1f9110c52e84f247ee4f6aacd4. diakses pada 10 Februari 2014
- [3].Datashet **Sensor Tekanan MPX5700AP** <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/310106/FREESCALE/MPX5700AP.html>diakses pada 10 Februari 2014
- [4].Fauzi Ahmad , 2010. **Mengenal komponen dasar elektronika**, [http://elektronika-dasar.web.id/komponen/sensor tranducer/sensor-suhu-ic-lm35/](http://elektronika-dasar.web.id/komponen/sensor%20tranducer/sensor-suhu-ic-lm35/)
- [5].Gunterus, Frans. 1997, **Sistem Pengendalian Proses**. Elex media komputindo. Jakarta.
- [6].John P. Bentley, **Principles of Measurement Systems**. Print in Malaysia: Pearson Education Ltd., 2005.
- [7].Kusumawardana K.W.H, **Sistem Kontrol Pada Kompresor Tekanan Udara Sebagai Pengisi Udara Untuk Ban Kendaraan** diakses pada 18 Februari 2014
- [8].Modul Praktikum Teknik, **Pengukuran, Dasar Pengukuran & Ketidakpastian**, Laboratorium Fisis Teknik Fisika ITS
- [9].Rian hantoro, 2010. **Rangkaian driver relay** <http://RangkaianDriverRelayPraktisMenggunakanTransistorBipolarTeknikElektroLinks.htm>. diakses pada 18 Februari 2014

BIODATA PENULIS



Nama Penulis Indra Prasetyo, dilahirkan di Palembang 01 September 1992. Riwayat Pendidikan penulis dimulai dari TK Mentari 1 Prabumulih dilanjutkan SDN Bumi Sawit Permai dan dilanjutkan lagi di SMPN 1 Kudu dan dilanjutkan lagi di SMKN 3 Jombang dan tahun 2011 masuk di prodi D3 Metrologi dan Instrumentasi Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya dengan NRP : 2411 031 049. Apabila terdapat pertanyaan tentang tugas akhir penulis maka dapat menghubungi Nomor Telpen Penulis yaitu : 085649444997, dan dapat juga melalui Email Penulis yaitu : indra.prasetyo49@gmail.com .