TUGAS AKHIR TF 145565

RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN LAJU PRODUKSI *BROWN'S GAS* BERBASIS MIKROKONTROLLER ATMega8535

Siti Sofiya
NRP. 2414 031 020

Dosen Pembimbing
Ir. Ya'umar, M.T.
NIP. 19540406 198103 1 003

PROGRAM STUDI D3 TEKNIK INSTRUMENTASI
JURUSAN TEKNIK INSTRUMENTASI
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017

TUGAS AKHIR – TF 145565

RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN LAJU PRODUKSI *BROWN'S GAS* BERBASIS MIKROKONTROLLER ATMega8535

Siti Sofiya
NRP. 2414 031 020

Dosen Pembimbing
Ir. Ya'umar, M.T.
NIP. 19540406 198103 1 003

PROGRAM STUDI D3 TEKNIK INSTRUMENTASI
JURUSAN TEKNIK INSTRUMENTASI
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017

FINAL PROJECT – **TF 145565**

PROTOTYPE FLOW OF BROWN'S GAS PRODUCTION CONTROL SYSTEM BASED MICROCONTROLLER ATMEGA8535

Siti Sofiya
NRP. 2414 031 020

Advisor Lecturer
Ir. Ya'umar, M.T.
NIP. 19540406 198103 1 003

STUDY PROGRAM OF D3 OF INSTRUMENTATION ENGINEERING
DEPARTMENT OF ENGINEERING PHYSICS
FACULTY OFVOCATION
SEPULUH NOMPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA 2017

RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN LAJU PRODUKSI *BROWN'S GAS* BERBASIS MIKROKONTROLLER ATMEGA 8535

TUGAS AKHIR

Oleh :

SITI SOFIYA
NRP. 2414 031 020

Surabaya, 28 Juli 2017
Mengetahui / Menyetujui

Kepala Departemen Teknik Instrumentasi, FV ITS	Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Purwadi Agus D, M.Sc	**Ir. Ya'umar, M.T.**
NIP. 19620822 198803 1 001	NIP. 19540406 198103 1 003

RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN LAJU PRODUKSI *BROWN'S GAS* BERBASIS MIKROKONTROLLER ATMEGA 8535

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
pada
Program Studi D3 Teknik Instrumensi
Departemen Teknik Instrumentasi
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
SITI SOFIYA
NRP. 2414 031 020

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Ir. Ya'umar, M.T. ..... (Pembimbing)
2. Ir. Tutug Dhanardono, M.T. ..... (Ketua Tim Penguji)
3. Detak Yan Pratama, S.T.,M.Sc ..... (Penguji I)
4. Arief Abdurrakhman, S.T., M.T. ..... (Penguji II)

SURABAYA
28 Juli 2017

RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN LAJU PRODUKSI *BROWN'S GAS* BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA8535

Nama Mahasiswa	**: Siti Sofiya**
NRP	**: 2414 031 020**
Program Studi	**: D III Teknik Instrumentasi**
Jurusan	**: Teknik Instrumentasi FV-ITS**
Dosen Pembimbing	**: Ir. Ya'umar M.T.**

Abstrak

Brown's Gas atau HHO merupakan gas hasil dari proses pemecahan air murni (H2O) dengan proses elektrolisis. Gas yang dihasilkan dari proses elektrolisis air *tersebut* adalah gas Hidrogen dan Oksigen, dengan komposisi 2 Hidrogen dan 1 Oksigen (HHO). Gas HHO kemudian dicampurkan dengan bahan bakar lainnya pada kendaraan di ruang pembakaran. hasil pembakaran dari pencampuran dengan gas HHO dapat mengurangi tingkat polusi. Pada tugas akhir ini akan dilakukan pengendalian laju produksi gas HHO menggunakan generator type dry cell dengan variasi tegangan 3 volt, 6 volt, 9 volt, dan 12 volt . Dimana semakin besar nilai adc potensiometer maka gas HHO yang dihasilkan akan semakin banyak sehingga pemakaian *energy* pada kendaraan akan lebih optimal. Pada *plant* pengendalian laju produksi *brown's gas* memiliki 5 set point yaitu 0,2 l/mnt; 0,35 l/mnt ;0,45 l/mnt ;0,55 l/mnt ; 0,7 l/mnt dengan *settling time* masing-masing *set point* sebesar 100s, 280s, 300s, 260s, 300s. Adapun error *steady state* pada masing-masing *set point* adalah 5%, 2,8%, 3,3%, 2,3%, 4,8%.

Kata kunci: ***Brown's Gas*, Elektrolisis, Pengendalian Laju Gas, *Sensor* Termokopel Tipe K**

PROTOTYPE FLOW OF BROWN'S GAS PRODUCTION CONTROL SYSTEM BASED MICROCOTROLLER ATMEGA8535

Name of Student	**: Siti Sofiya**
NRP	**: 2414 031 020**
Program Study	**: D III *Instrumentation Engineering***
Department	**: *Instrumentation Engineering* FV-ITS**
Advisor Lecturer	**: Ir. Ya'umar, M.T.**

ABSTRACT

Brown's Gas or HHO is the result of pure water (H2O) process by electrolysis process. Gases generated from the process of electrolysis of water are Hydrogen and Oxygen gas, with composition 2 Hydrogen and 1 Oxygen (HHO). HHO gas is then mixed with other fuels on vehicles in the combustion chamber. Combustion results from mixing with HHO gas can reduce the level of pollution. In this final project will be controlling the production rate of HHO gas using dry type cell generator with variation of 3 volt, 6 volt, 9 volt, and 12 volt voltage. Where the greater the adc potentiometer value the HHO gas produced will be more so that the energy consumption in the vehicle will be more optimal. In the controlling plant the production rate of brown's gas has 5 set point that is 0.2 l / mnt; 0.35 l / mnt; 0.45 l / mnt; 0.55 l / min; 0.7 l / min with settling time of each set point of 100s, 280s, 300s, 260s, 300s. The steady state error in each set point is 5%, 2.8%, 3.3%, 2.3%, 4.8%.

Keywords: Brown's Gas, Electrolysis, Gas flow Control, Type K Thermocouple Sensor

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul **"RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN LAJU PRODUKSI *BROWN'S GAS* BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA8535"** dengan tepat waktu. Terselesaikannya laporan ini juga tak luput dari dukungan dan peran dari orangtua dan keluarga besar serta berbagai pihak. Untuk itulah dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Yth Bapak Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc selaku Ketua Departemen Teknik Instrumentasi, FV ITS.
2. Yth Bapak Dr.Ir.Syamsul Arifin,MT selaku Dosen Wali penulis.
3. Yth Bapak Ir. Ya'umar, MT selaku pembimbing yang telah membina proses pengerjaan Tugas Akhir dengan baik dan sabar.
4. Terima kasih kepada Yth Bapak Prof. Dr. Ir. Djoko Sungkono K, Meng. Sc selaku dosen dan pakar *brown's gas* di ITS yang penulis dan raihan cintai yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk memberikan ilmu serta berbagi pengalaman hidupnya dengan tulus, sabar dan telaten.
5. Yth Bapak Arief Abdurrakhman ST, MT selaku dosen konsultan yang telah membina proses pengerjaan Tugas Akhir dengan baik dan sabar.
6. Kedua orang tua tercinta serta saudara-saudara penulis yang tidak henti-hentinya memberi semangat dan doa untuk menyelesaikan Tugas akhir ini. Terutama Bapak Slamet Riyanto dan kakak penulis (Mas Wahyu Yulindra) yang telah membantu dalam pengerjaan tugas akhir ini.
7. Seluruh Asisten Laboratorium *Workshop Instrumentasi*, Laboratorium Pengukuran Fisis, dan laboratorium Pembakaran dan Bahan Bakar Teknik Mesin (Pak

Karmono dan Pak Paidi) yang telah membantu dalam proses pengerjaan tugas akhir.

8. Teman-teman seperjuangan dalam mengerjakan Tugas Akhir (terutama Mufit, Aulia, dan Prihartini yang banyak membantu) serta seluruh Teman-teman D3 Teknik Instrumentasi dan S1 Teknik Fisika angkatan 2014 FTI-ITS.
9. Sahabat Terbaik Penulis (Raina Adhitiya Agatha, Dymas Prayoga, Pratiwi Purbaningrum, Ratih Prahapsari, lusyida Amelia) yang telah memberikan semangat dan dukungan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
10. 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 lapiran ini.

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

Surabaya, 05 Juli 2017

Penulis.

DAFTAR ISI

Hal

HALAMAN JUDUL ..... **i**
TITLE OF PAGE ..... **ii**
LEMBAR PENGESAHAN I ..... **iii**
LEMBAR PENGESAHAN II ..... **iv**
ABSTRAK ..... **v**
ABSTRACT ..... **vi**
KATA PENGANTAR ..... **vii**
DAFTAR ISI ..... **ix**
DAFTAR GAMBAR ..... **xii**
DAFTAR TABEL ..... **xiv**

BAB I PENDAHULUAN
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan 3
1.4 Batasan Masalah 4
1.5 Manfaat 4
1.6 Sistematika Laporan 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA
2.1 *Brown's Gas* 5
2.2 Elektrolisis 6
2.3 *Generator HHO* 10
2.4 *Netral Plat Generator HHO* 12
2.5 *Thermocoupl*e Tipe K 13
2.6 *Mikrokontroller* ATMega8535 14
2.7 *Liquid Crystal Display* (LCD) 18
2.8 *Software Code Vision AVR* 20
2.9 *Relay* 21
2.10 Sistem Pengendalian Proses 23
2.11 Pengendalian *ON-OFF* 27
2.12 Karakteristik Statik 27
2.13 Teori Ketidakpastian 29

BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT
3.1 *Flowchart* dan Diagram Blok Perancangan Alat.....35
3.2 Gambaran Umum 37
3.3 Perancangan Alat Tugas Ahir.....45
3.4 Perancangan *Software*.....49

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS DATA
4.1 Pengujian *Sensor Thermocouple* Tipe K.....53
4.2 Pengujian Laju Gas pada *Sensor Thermocouple* Tipe K 58
4.3 Pengujian Nilai Potensiometer 67
4.4 Pengujian Respon Sistem Kontrol Laju Gas pada *Brown's Gas*.....70

BAB V PENUTUP
5.1 Kesimpulan.....79
5.2 Saran.....80

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN A (MAX6675)
LAMPIRAN B (*DATA SHEET ATmega8535*)
LAMPIRAN C (*LISTING* PROGRAM PADA *CODE VISION AVR*)

DAFTAR GAMBAR

Hal

Gambar 2.1 Pemecahan molekul air menjadi gas HHO 5
Gambar 2.2 Rangkaian dasar system elektrolis 7
Gambar 2.3 Hubungan konsentrasi KOH dan Konduktivitas 9
Gambar 2.4 *Standard* Komposisi *Stainless Steel* (David Tabolt, 1998) 10
Gambar 2.5 *Generator HHO* Tipe *Dry Cell* 11
Gambar 2.6 *Generator HHO* Tipe *Wet Cell* 12
Gambar 2.7 *Netral Plat* 12
Gambar 2.8 *Thermocouple* Tipe K 13
Gambar 2.9 Mikrokontroller ATMega8535 14
Gambar 2.10 Arsitektur Mikrokontroller ATMega8535 16
Gambar 2.11 Konfigurasi Kaki (*pin*) ATMega8535 17
Gambar 2.12 LCD *Character* 16x2 19
Gambar 2.13 Penunjukkan Kolom dan Baris pada LCD 16x2 19
Gambar 2.14 Simbol *Relay* 21
Gambar 2.15 Kondisi *Relay* saat *Switching* 22
Gambar 2.16 Diagram Blok Sistem Pengendalian Otomatis ..24
Gambar 2.17 Aksi Kontrol *On-OFF* 27
Gambar 2.18 Diagram Alir Penentuan Nilai Ketidakpastian Baku dari Dara Tipe A dan B ...29
Gambar 3.1 *Flowchart* Pengerjaan Tugas Akhir 35
Gambar 3.2 Diagram Blok Sistem Pengendalian Laju *Brown,s Gas* 37
Gambar 3.3 *Generator HHO Dry Cell* 38
Gambar 3.4 Desain Generator HHO 38
Gambar 3.5 Bubble 39
Gambar 3.6 Desain Bubbler 39
Gambar 3.7 Pemasangan Gas HHO 40
Gambar 3.8 Pemasangan Potensiometer 41
Gambar 3.9 Pemasangan Relay 41
Gambar 3.10 Skematik Relay 4 Kaki 42

Gambar 3.11 Termokopel Tipe K dan MAX6675 43
Gambar 3.12 Modul Relay 45
Gambar 3.13 P&ID Sistem Pengendalian Laju Produksi *Brow's Gas*.....46
Gambar 3.14 Diagram Blok Sistem Pengendalian Laju Produksi *Brown's Gas* 47
Gambar 3.15 Tampilan *Software Code Vision AVR 2.05.0*.....50
Gambar 3.16 Tampilan *Software Khazama 1.7.0*.....50
Gambar 4.1 Diagram Blok Pembacaan *Sensor* Termokopel .53
Gambar 4.2 Grafik Pengujian Sensitivitas Suhu pada *Sensor* Termokopel Tipe K 55
Gambar 4.3 Grafik Pengujian Sensitivitas Laju pada *Sensor* Termokopel 58
Gambar 4.4 Grafik Pembacaan Naik dan Turun Sensor Termokopel terhadap laju.....60
Gambar 4.5 Grafik Histerisis Laju *Sensor* Termokopel 62
Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Produksi Gas HHO dan Konsumsi Gas HHO.....69
Gambar 4.7 Grafik Respon pada *set point* 0.2 l/mnt 71
Gambar 4.8 Grafik Respon pada *set point* 0.35 l/mnt 72
Gambar 4.9 Grafik Respon pada *set point* 0.45 l/mnt 74
Gambar 4.10 Grafik Respon pada *set point* 0.55 l/mnt 75
Gambar 4.811 Grafik Respon pada *set point* 0.70 l/mnt.....76

DAFTAR TABEL

Hal

Tabel 2.1 *T-Student Distribution* 33
Tabel 3.1 Konfigurasi MAX6675 dengan ATMega8535 43
Tabel 3.2 Konfigurasi Pada ATMega8535 48
Tabel 4.1 Hasil Pengujian V_{Out} pada *Sensor* Termokopel 53
Tabel 4.2 Konversi Nilai *Analog* ke Desimal *Biner* 12 *Bit* *Sensor* Termokopel Tipe K.....55
Tabel 4.3 Data Nilai Interpolasi *Sensor* Termokopel 56
Tabel 4.4 Konversi Nilai *Analog* ke Desimal *Biner* 12 *Bit* *Sensor* Termokopel Tipe K ke Laju Gas.....57
Tabel 4.5 Pengambilan Data Laju Naik.....59
Tabel 4.6 Pengambilan Data LajuTurun.....59
Tabel 4.7 Pengambilan Data Laju Naik dan Turun Pada *Sensor Thermocouple* Tipe K.....60
Tabel 4.8 Data Kalibrasi Laju pada *Sensor* Termokopel(A) ..63
Tabel 4.9 Data Kalibrasi Laju pada *Sensor* Termokopel(B)...64
Tabel 4.10 Data Kalibrasi Laju pada Sensor Termokopel(C)...64
Tabel 4.11 Pengambilan Nilai Interpolasi Potensiometer.....67
Tabel 4.12 Konversi Kecepatan ke Nilai Biner pada Potensioeter.....68
Tabel 4.13 Data Respon Sistem Dengan *Set Point* 0.2 liter/menit.....70
Tabel 4.14 Data Respon Sistem Dengan *Set Point* 0.35 liter/menit.....71
Tabel 4.15 Data Respon Sistem Dengan *Set Point* 0.45 liter/menit.....73
Tabel 4.16 Data Respon Sistem Dengan *Set Point* 0.55 liter/menit.....74
Tabel 4.17 Data Respon Sistem Dengan *Set Point* 0.7 liter/menit.....75
Tabel 4.18 Respon Sistem 77

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berdasarkan data yang diperoleh dari *Indonesian Petroleum Association* (IPA) bahwa permintaan energi di Indonesia pada tahun 2010 adalah 3,3 juta *barrel oil equivalent per day* (boepd). Pada tahun 2025, permintaan energi diperkirakan meningkat menjadi 7,7 juta *barrel oil equivalent per day*. *Indonesian Petroleum Association* (IPA) juga menyatakan bahwa saat ini ada gejala krisis energi di Indonesia. Tahun 2020 diperkirakan Indonesia kekurangan pasokan minyak dan gas sebesar 2,4 - 2,5 juta *barrel oil equivalent per day*. Jika hal ini tidak segera diatasi dengan adanya penemuan cadangan baru, maka Indonesia akan mengalami krisis energi dan menjadi *net impoterI*. Sedangkan sampai saat ini, energi fosil masih menjadi pasokan energy yang utama.

Dengan adanya masalah krisis energi yang sedang dihadapi, maka saat ini banyak ditemukan dan dikembangkan beberapa energi alternatif seperti *brown's gas*, *biomass*, *photovoltaic*, biogas dan yang lainnya. Brown's Gas atau HHO merupakan gas hasil dari proses pemecahan air murni (H2O) dengan proses elektrolisis. Gas yang dihasilkan dari proses elektrolisis air *tersebut* adalah gas Hidrogen dan Oksigen, dengan komposisi 2 Hidrogen dan 1 Oksigen (HHO). Gas HHO kemudian dicampurkan dengan bahan bakar lainnya pada kendaraan di ruang pembakaran. hasil pembakaran dari pencampuran dengan gas HHO dapat mengurangi tingkat polusi (LIPI, 2008).

Daya HHO menjanjikan dalam penggunaan untuk campuran bahan bakar pada kendaraan , hal ini dapat dibuktikan dari beberapa penelitian yang telah dilakukan, antara lain penelitian oleh (Arief,2010) yang telah melakukan pengujian sistem elektrolisis Brown's Gas dengan variasi tegangan listrik, konsentrasi katalis, dan temperatur yang mana menunjukkan bahwa penerapannya pada kendaraan bermotor dapat meningkatkan efisiensi penggunaan bahan bakar dan

meningkatkan torsi. Penelitian lain dilakukan oleh Verhelst dan Sierents (2001) yang telah membandingkan injeksi hidrogen pada mesin *spark ignition* dengan karburator dan mesin dengan sistem injeksi. Dari penelitiannya dihasilkan sebuah kesimpulan bahwa mesin *fuel injection* dengan penambahan hidrogen mempunyai daya lebih besar dan resiko *backfiring* lebih kecil.

Peningkatan laju produksi gas HHO dapat dipengaruhi oleh tegangan. Hal tersebut dapat dibuktikan dari penelitian (Ary,2011).Penelitian ini melakukan pengujian pengaruh variasi tegangan listrik arus searah (DC) yang digunakan di generator HHO untuk diaplikasikan pada engine. Katalis yang digunakan adalah KOH 0.7 gram dalam setiap 1 liter aquades. Variasi tegangannya 3 Volt,6 Volt,9 Volt dan 12 Volt. Generator HHO menggunakan elektroda dari SS304, dan diameter kawat 3 mm serta panjang kawat 1250 mm, dan diameter spiral yang digunakan 16 mm (spiral dalam) dan 27 mm (spiral luar). Dari pengujian didapatkan bahwa pada variasi tegangan 3 Volt menghasilkan temperatur elektrolit setelah pengujian yang paling rendah yaitu 34°C. Tegangan 12 Volt menghasilkan laju produksi gas HHO yaitu 3,23x10-6m 3 /s.Dari penelitian sebelumnya disimpulkan bahwa laju produksi brown's gas dipengaruhi oleh konsentrasi katalis, luasan yang tercelup (wett area), banyaknya ruang, tegangan, dan Temperature.

Brown's Gas atau HHO yang ditambahkan ke dalam ruang bakar untuk campuran bahan bakar lainnya akan mengurangi emisi gas buang . Seperti yang dibuktikan pada penelitian yang dilakukan oleh Chadwell dan Dingle (2008) didapatkan bahwa pada mesin diesel, injeksi air dapat mengurangi emisi NOx sebesar 82% dan torsinya mengalami peningkatan. Pada penelitian Lanzafame (1999) disebutkan bahwa injeksi air pada mesin *spark ignition* dapat menghilangkan detonasi dan mengurangi NOx lebih dari 50%; angka oktan naik lebih dari 50%; dan meningkatkan kerja mesin antara 30% - 50%.

Pada tugas akhir ini akan dilakukan pengendalian laju produksi gas HHO menggunakan generator type dry cell dengan variasi tegangan 3 volt, 6 volt, 9 volt, dan 12 volt . Dimana

semakin besar nilai adc potensiometer maka gas HHO yang dihasilkan akan semakin banyak sehingga pemakaian *energy* pada kendaraan akan lebih optimal. Sehingga penulis mengangkat topik terseput dengan judul "**Rancang Bangun Sistem Pengendalian Laju Produksi *Brown's Gas* Berbasis Mikrokontroller ATMega8535"**

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dijelaskan diatas, maka rumusan masalah dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

a. Bagaimana merancang sistem pengendalian laju produksi *Brown's Gas* dengan metode elektrolisis aquades dan KOH berbasis mikrokontroller ATMega8535
b. Bagaimana menjaga laju produksi brown gas dengan set point yang diinginkan

1.3 Tujuan

Tujuan yang dicapai dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

a. Merancang sistem pengendalian laju produksi *Brown's Gas* dengan metode elektrolisis aquades dan KOH berbasis mikrokontroller ATMega8535
b. Menjaga laju produksi brown gas dengan set point yang diinginkan

1.4 Batasan Masalah

Perlu diberikan beberapa batasan masalah agar pembahasan tidak meluas dan menyimpang dari tujuan. Adapun batasan masalah dari sistem yang dirancang ini adalah sebagai berikut:

a. Merancang sistem pengendalian laju produksi *Brown's Gas* menggunakan mikrokontroller ATMega8535 dan sensor termokouple type K.
b. Merancang sistem pengendalian laju produksi *Brown's Gas* menggunakan menggunakan sebuah *display* LCD ukuran 16x2 karakter.

e. Menyusun hasil teori dari pembuatan *hardware*, analisa data dan kesimpulan dari data dan sistem yang ada.

1.5 Manfaat

Manfaat dari tugas akhir ini adalah sebagai sistem pengendalian laju produksi *Brown's Gas* dengan menggunakan sensor *thermocouple* Tipe-K dan ATmega 8535 sebagai mikrokontroller serta mengetahui performansi pengendalian yang baik pada plant tersebut.

1.6 Sistematika Laporan

Sistematika laporan yang digunakan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini membahas mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, manfaat, dan sistematika penulisan dalam tugas akhir ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini membahas mengenai teori-teori penunjang yang diperlukan dalam merealisasikan tugas akhir yaitu berupa teori tentang potensi *Brown's Gas*, elektrolisis, dan perangkat-perangkat yang digunakan dalam pembuatan tugas akhir ini.

BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Pada bab ini diuraikan tentang penjelasan mengenai perancangan dan pembuatan alat.

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS DATA

Pada bab ini memuat tentang hasil pengujian dari perangkat yang dibuat beserta pembahasannya.

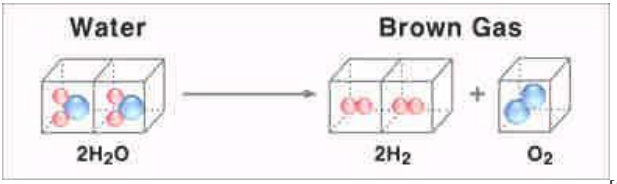
BAB V PENUTUP

Pada bab ini memuat tentang kesimpulan dan saran dari pembuatan tugas akhir ini.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Brown's Gas*

Brown's Gas atau yang disebut HHO (Hidrogen Hidrogen Oksigen) merupakan gas hasil dari proses pemecahan air murni (H_2O) dengan proses elektrolisis. Gas yang dihasilkan dari proses elektrolisis air *tersebut* adalah gas Hidrogen dan Oksigen, dengan komposisi 2 Hidrogen dan 1 Oksigen (HHO) *(Peter E.W Lowrie, 2005)*, sebagaimana terdapat pada Gambar 2.1. Oleh karena itu Brown's gas juga lebih dikenal dengan nama gas HHO, selain itu gas HHO juga dikenal dengan sebutan oxy-hydrogen. [1]



Gambar 2.1 Pemecahan molekul air menjadi gas HHO[1]

Teknologi untuk memecah molekul air menjadi gas HHO dengan cara elektrolisis air sebenarnya telah ditemukan sejak tahun 1800 oleh William Nicholson dan Johann Ritter. Kemudian pada tahun 1805, Isaac de rivaz (1752-1828) menggunakan gas hidrogen dari hasil elektrolisis air sebagai bahan bakar mesin pembakaran internal yang ia rancang dan ia buat sendiri *(Poempida Hidayatullah dan F.Mustari, 2008)*. Pada saat itu bahan bakar fosil belum ditemukan. Namun gas hasil dari elektrolisis air tersebut baru diberi nama dan dipatenkan oleh Dr. Yull Brown, pada tahun 1974. Gas hasil dari elektrolisis air tersebut diberi nama Brown's gas. Selain menggunakannya sebagai suplemen bahan bakar pada mesin, Dr. Yull Brown juga menggunakan Brown's Gas untuk pengelasan (cutting and welding torch)[1]. Selain sebagai bahan bakar kendaraan dan pengelasan, *Brown's Gas* juga dapat digunakan sebagai bahan

bakar untuk kompor (Rusminto T, dkk 2009).

2.2 Elektrolisis

Elektrolisis adalah suatu proses untuk memisahkan senyawa kimia menjadi unsur-unsurnya atau memproduksi suatu molekul baru dengan memberi arus listrik (*Anne Marie Helmenstine, 2001)*. Sedangkan elektrolisis air adalah proses elektrolisa yang dimanfaatkan untuk memecah molekul air (H_2O) menjadi Hidrogen (H_2) dan Oksigen (O_2). Elektrolisis air pada dasarnya dilakukan dengan mengalirkan arus listrik ke air melalui dua buah elektroda (Katoda dan Anoda). Agar proses elektrolisa dapat terjadi dengan cepat maka air tersebut dicampur dengan elektrolit sebagai katalis.

Proses elektrolisis air dapat terjadi dengan setengah reaksi asam ataupun basa (alkaline electrolysis) ataupun keduanya. Terjadinya reaksi asam ataupun basa tergantung oleh kondisi lingkungan/jenis elektrolit yang digunakan *(Robert B. Dopp, 2007)*. Jika elektrolit yang digunakan berupa larutan asam seperti HCl dan H_2SO_4 maka reaksi yang terjadi adalah reaksi asam. Pada reaksi ini reaksi reduksi terjadi pada elektroda negatif (katoda), dimana elektron (e^-) dari katoda diikat oleh kation H^+ untuk membentuk gas Hidrogen ($H_{2(g)}$). Sedangkan pada elektroda positif (anoda), molekul H_2O kehilangan elektron (e^-) sehingga terpecah menjadi gas Oksigen ($O_{2(g)}$) dan kation H^+.

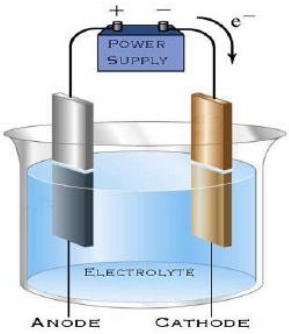
- Reaksi oksidasi di anoda (+) : $2\ H_2O_{(l)} \rightarrow O2_{(g)} + 4\ H^+_{(aq)} + 4\ e^-$
- Reaksi reduksi di katoda (-) : $2\ H^+_{(aq)} + 2\ e^- \rightarrow H2_{(g)}$
- Reaksi keseluruhan : $2\ H_2O_{(l)} \rightarrow 2\ H_{2\ (g)} + O_{2\ (g)}$

Jika elektrolit yang digunakan adalah larutan basa seperti KOH, NaOH (basa dari golongan periode IA, alkali tanah) maka

akan terjadi reaksi basa. Pada reaksi basa, reaksi reduksi terjadi di katoda dimana molekul air mengikat elektron (e^-) sehingga terpecah menjadi gas Hidrogen ($H_{2(g)}$) dan anion OH^-. Anion OH^- tersebut kemudian tertarik kesisi anoda dan terpecah menjadi gas oksigen dan molekul $H_2O_{(l)}$, sebagaimana dapat dilihat pada persamaan reaksi kimia berikut:

- Reaksi reduksi di katoda (-) : $2HO_{2(l)} + 2e^- \rightarrow H_{2(g)} + 2OH^-_{(aq)}$
- Reaksi oksidasi di anoda (+) : $4OH^-_{(aq)} \rightarrow O_{2(g)} + 2HO_{2(l)} + 4e^-$
- Reaksi keseluruhan : $2HO_{2(l)} \rightarrow 2H_{2(g)} + O_{2(g)}$

Akan tetapi jika elektrolit yang digunakan dari jenis garam seperti NaCl, KCl, dan Na_2CO_3, maka akan terjadi reaksi asam dan basa. Dari kedua reaksi asam ataupun basa dapat dilihat bahwa pada kedua reaksi tersebut produk yang dihasilkan dari elektrolisa 2 mol H_2O memiliki komposisi yang sama yaitu 2 mol gas Hidrogen dan 1 mol gas Oksigen. Pada kedua jenis reaksi diatas gas Hidrogen juga dihasilkan pada elektroda negatif (katoda) dan gas oksigen dihasilkan pada elektroda positif (anoda).[1]



Gambar 2.2 Rangkaian dasar sistem elektrolit[1].

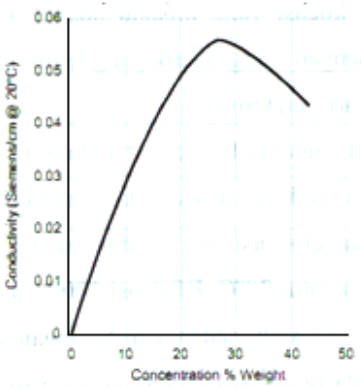
Adapun Faktor yang mempengaruhi elektrolisis antara lain adalah:

a. Penggunaan Katalisator
Misalnya H_2SO_4 dan KOH berfungsi mempermudah proses penguraian air menjadi hidrogen dan oksigen karena ion-ion katalisator mampu mempengaruhi kesetabilan molekul air menjadi menjadi ion H dan OH yang lebih mudah di elektrolisis karena terjadi penurunan energi pengaktifan. Zat tersebut tidak mengalami perubahan yang kekal (tidak dikonsumsi dalam proses elektrolisis). Penggunaan asam sulfat sebagai katalis dalam proses elektrolisis menjadi pilihan utama dibandingkan KOH. Karena asam sulfat melepaskan H^+ yang memudahkan membentuk gas hidrogen. Sedangkan KOH melepaskan OH^- yang menghambat pembentukan gas hidrogen.

b. Luas Permukaan Tercelup
Semakin banyak luas yang semakin banyak menyentuh elektrolit maka semakin mempermudah suatu elektrolit untuk mentransfer elektronnya. Sehingga terjadi hubungan sebanding jika luasan yang tercelup sedikit maka semakin mempersulit elektrolit untuk melepaskan elektron dikarenakan sedikitnya luas penampang penghantar yang menyentuh elektrolit. Sehingga transfer elektron bekerja lambat dalam mengelektrolisis elektrolit.
Pada tugas akhir ini luasan yang terelektrolisis sekitar 60% dan cukup dibatasi dengan o-ring atau seal yang berdiameter 70 mm pada setiap plat yang digunakan. Selain itu pada setiap plat terdapat dua lubang berdiameter 12 mm untuk saluran gas HHO yang berada di bagian atas dan di bawah.

c. Konsentrasi Pereaksi
Semakin besar konsentrasi suatu larutan pereaksi maka akan semakin besar pula laju reaksinya. Hal ini dikarenakan dengan prosentase katalis yang semakin tinggi dapat mereduksi hambatan pada elektrolit. Sehingga transfer

elektron dapat lebih cepat meng-elektrolisis elektrolit dan dapat ditarik garis lurus bahwa terjadi hubungan sebanding terhadap prosentase katalis dengan transfer elektron [1].Penggunaan katalis untuk paling optimum adalah 27%. Hal tersebut dibuktikan dengan gambar 2.3



Gambar 2.3 Hubungan Konsentrasi KOH dan Konduktivitas[1]

d. Bahan Stainless Steel sebagai Elektroda
Elektroda merupakan salah satu komponen yang sangat penting pada proses elektrolisis air. Elektroda berfungsi sebagai penghantar arus listrik dari sumber tegangan ke air yang akan dielektrolisis. Material serta luasan elektroda yang digunakan sangat berpengaruh terhadap gas HHO yang dihasilkan dari proses elektrolisis air. Stainless Steel merupakan logam paduan yang memiliki konduktifitas dan ketahanan terhadap korosi yang relatif lebih baik di banding logam-logam paduan ataupun logam murni lainnya dan harganya juga relatif lebih terjangkau. Sehingga Stainless steel menjadi pilihan yang tepat untuk digunakan sebagai elektroda pada proses elektrolisis.

Designation	Type	Composition weight-% Cr	Ni	Mo	C	Mn	Si	Others
AISI 300 Series:								
AISI 304	Austenitic	18–20	8–10.5	—	<0.08	2	1	—
AISI 304L	Austenitic	18–20	8–12	—	<0.03	2	1	—
AISI 321	Austenitic	18–20	8–10.5	—	<0.08	2	1	Ti = 5 × wt-% C
AISI 347	Austenitic	18–20	8–10.5	—	<0.08	2	1	Nb = 10 × wt-% C
AISI 316	Austenitic	16–18	10–14	2.0–3.0	<0.08	2	1	—
AISI 316L	Austenitic	16–18	10–14	2.0–3.0	<0.02	2	1	—
AISI 317	Austenitic	18–20	11–15	3.0–4.0	<0.08	2	1	—
AISI 317L	Austenitic	18–20	11–15	3.0–4.0	<0.03	2	1	—
AISI 310	Austenitic	24–26	19–22	—	<0.25	2	1.5	—
AISI 330	Austenitic	17–20	34–37	—	<0.08	2	1.5	—
AISI 200 Series:								
AISI 201	Austenitic	16–18	3.5–5.5	—	0.15	5.5–7.5	1	+ 0.25 N
AISI 202	Austenitic	17–19	4–6	—	0.15	7.5–10	1	+ 0.25 N
AISI 400 Series:								
AISI 409	Ferritic	10.5–11.7	<1	—	<0.08	1	1	—
AISI 430	Ferritic	16–18	<1	—	<0.08	1	1	—
AISI 434	Ferritic	16–18	<1	0.8–1.2	<0.08	1	1	—
AISI 410	Martensitic	11.5–13.5	<1	—	0.15	1	1	—
AISI 431	Martensitic	15–17	1.2–2.5	—	0.20	1	1	—
Duplex Steels:								
Steel 1	Duplex	25	6.0	3.0	<0.08	—	—	1.5 Cu + 0.25 N
Steel 2	Duplex	25	5.5	3.0	<0.08	—	—	—
Precipitation-Hardening Steels:								
Steel 1	Precipitation	16	4.2	—	0.04	0.5	0.5	3.5 Cu
Steel 2	Precipitation	15	4.5	—	0.04	0.3	0.4	3.5 Cu + Nb

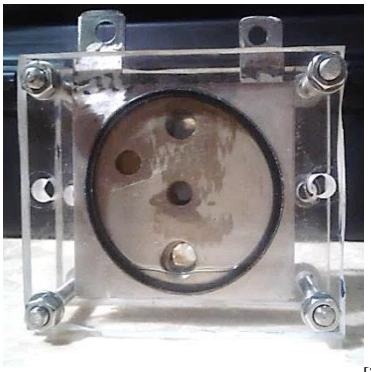
Gambar 2.4 *Standard* komposisi *stainless steel* (David Tabolt, 1998) [1]

Berdasarkan tabel 2.2 dapat dilihat bahwa stainless steel Type SS 316F, 316L, 316N, 317, 329, dan 330 mempunyai ketahanan korosi diberbagai lingkungan, sehingga stainless steel tipe ini sangat cocok digunakan sebagai elektroda pada proses elektrolisa air untuk memproduksi gas HHO.

2.3 Generator HHO

Generator gas HHO tersusun atas 2 komponen dasar, yaitu tabung generator yang terdiri atas tabung, sepasang elektroda dan elektrolit. Dan sumber tenaganya yang berupa baterai ataupun aki. Generator ini bekerja dengan prisnip elektrolisa air. Generator gas HHO diklasifikasikan menjadi dua tipe, yakni sebagai berikut:

1. Generator HHO Tipe d*ry cell*
   Generator HHO dimana sebagian elektrodanya tidak terendam elektrolit. Keuntungan generator HHO tipe *dry cell* adalah :
   a. Penggunaan air untuk proses elektrolisa hanya sedikit, yaitu hanya air yang terjebak diantara lempengan cell.
   b. Ada sirkulasi air dengan tambahan reservoir, dimana cukup untuk menurunkan temperatur kerja dari generator itu sendiri.
   c. Konstruksinya yang simpel, tidak memerlukan space yang banyak.[2]



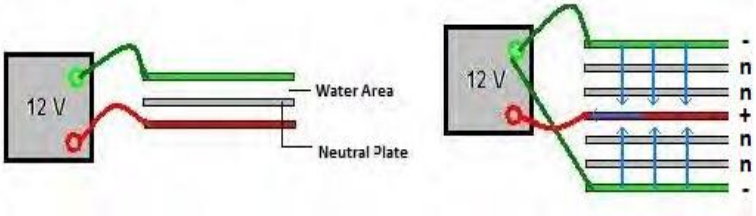
Gambar 2.5 Generator HHO Tipe *Dry Cell*.[2]

2. Generator HHO Tipe *wet cell*
   Generator HHO dimana semua elektrodanya terendam cairan elektrolit di dalam sebuah bejana air. Keuntungan generator gas HHO tipe wet cell adalah:
   a. Produksi yang dihasilkan lebih banyak dikarenakan luasan elektroda yang sepenuhnya terendam larutan elektrolit.
   b. Perawatan generator yang lebih ringkas
   c. Pembuatan generator tipe *wet cell* lebih mudah dan cepat.

Gambar 2.6 Generator HHO tipe *wet cell*.[2]

2.4 *Netral Plat Generator HHO*

Netral plat adalah suatu plat elektroda pada generator gas HHO yang tidak dialiri oleh listrik, sehingga elektroda ini bukan merupakan suatu kutub negatif maupun positif, oleh karena itu disebut sebagai elektroda netral. Netral plat menyebabkan tegangan drop antar plat, dimana netral plat memberikan luas permukaan tambahan untuk produksi gas HHO serta menurunkan panas yang diakibatkan dari proses elektrolisa air.



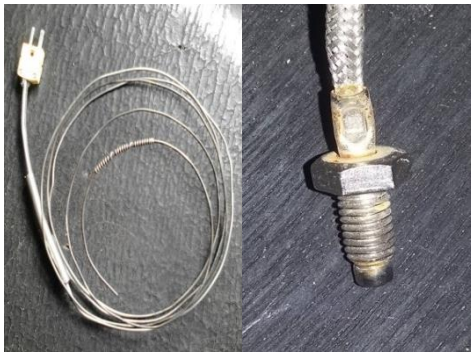
Gambar 2.7 *Netral Plat*.[2]

Netral plat berada di antara elektroda positif dan negatif dan tidak dialiri oleh arus listrik. Ketika netral plat ditambahkan, maka water area (kolom air diantara plat) juga akan bertambah sesuai dengan jumlah netral plat yang ditambahkan. Ketika netral plat ditambahkan di antara elektroda positif maupun negatif maka besar arus listrik yang melalui netral plat juga sama dengan arus

yang melewati elektroda positif dan negatif. Jika diukur besar tegangan antara satu cell kutub positif dan negatif ialah 12 volt namun bila diukur besar tegangan pada salah satu kutub elektroda dengan netral plate maka terjadi penurunan tegangan sesuai dengan penambahan netral platnya. Disebabkan penambahan plat netral menaikkan nilai resistansi atau hambatan pada arus listrik yang bekerja pada elektroda, sehingga penambahan neutral plate dapat menurunkan tegangan listrik pada plat elektroda. Semakin rendah tegangannya, maka semakin rendah pula panas yang dihasilkan, karena tegangan yang rendah dengan besar arus yang sama, serta luas permukaan yang bertambah dikarenakan penambahan netral plat, maka laju produksi gas HHO pada generator juga akan semakin meningkat. .[2]

2.5 Thermocouple Tipe-K

Termokopel tipe-K, terdiri dari dua buah konduktor yang berbeda komposisi, yaitu Kromel-Alumel. Termokopel ini merupakan termokopel yang biasa digunakan dalam berbagai kegiatan industri. Selain harganya yang murah, termokopel ini juga mempunyai jangkauan yang cukup tinggi. Termokopel tipe-K memiliki batas suhu antara -270^{o} C sampai +1370^{o}C, dengan *sensitivitas* mendekati 40 μV/^{o} C. [3]

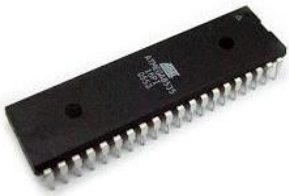


Gambar 2.8 *Thermocouple* Tipe-K[3]

2.6 Mikrokontroler ATMega8535

Mikrokontroler adalah IC yang dapat diprogram berulang kali, baik ditulis atau dihapus. Biasanya digunakan untuk pengontrolan otomatis dan manual pada perangkat elektronika.

Beberapa tahun terakhir, mikrokontroler sangat banyak digunakan terutama dalam pengontrolan robot. Seiring perkembangan elektronika, mikrokontroler dibuat semakin kompak dengan bahasa pemrograman yang juga ikut berubah. Salah satunya adalah mikrokontroler AVR (*Alf and Vegard's Risc Processor*) ATmega8535 yang menggunakan teknologi RISC (*Reduce Instruction Set Computing*) dimana program berjalan lebih cepat karena hanya membutuhkan satu siklus *clock* untuk mengeksekusi satu instruksi program. Secara umum, AVR dapat dikelompokkan menjadi 4 kelas, yaitu kelas ATtiny, keluarga AT90Sxx, keluarga ATmega, dan AT86RFxx. Pada dasarnya yang membedakan masing-masing kelas adalah memori, *peripheral*, dan fungsinya. Dari segi arsitektur dan instruksi yang digunakan, mereka bisa dikatakan hampir sama. [4]



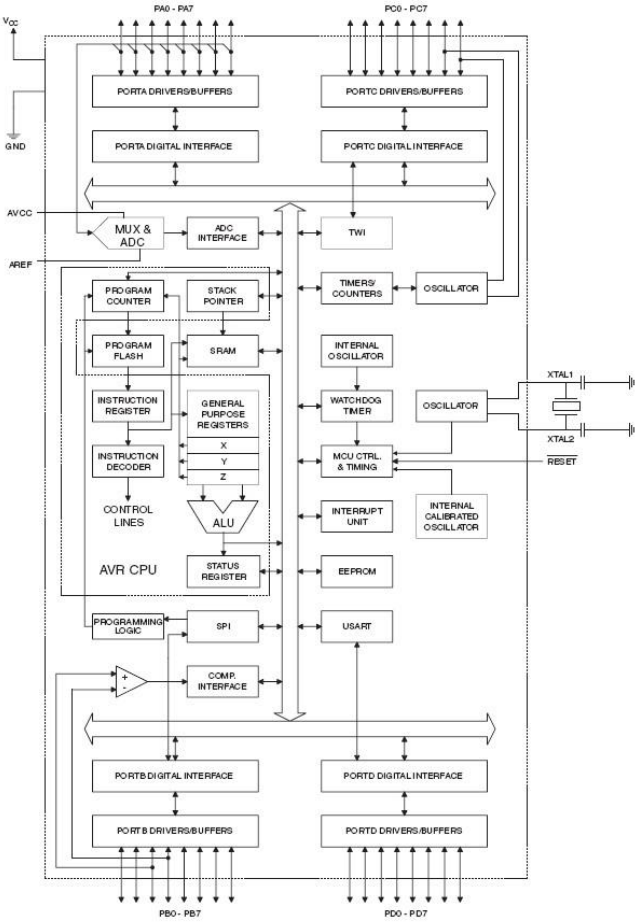
Gambar 2.9 Mikrokontroler ATmega8535[4]

Mikrokontroler AVR ATmega8535 memiliki fitur yang cukup lengkap. Mikrokontroler AVR ATmega8535 telah dilengkapi dengan ADC internal, EEPROM internal, Timer/Counter, PWM, *analog comparator*, dll. Sehingga dengan fasilitas yang lengkap ini memungkinkan kita belajar mikrokontroler keluarga AVR dengan lebih mudah dan efisien, serta dapat mengembangkan kreativitas penggunaan mikrokontroler ATMega8535. Fitur-fitur

yang di-miliki oleh mikrokontroler ATMega8535 adalah sebagai berikut:

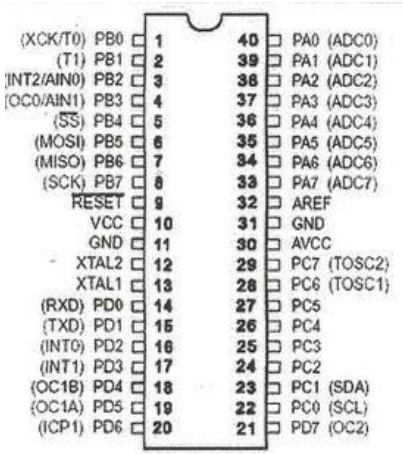
a. Saluran I/O sebanyak 32 buah, yaitu *port* A, *port* B, *port* C, dan *port* D.
b. ADC internal sebanyak 8 saluran.
c. Tiga buah *timer/counter* dengan kemampuan pembandingan.
d. CPU yang terdiri atas 32 buah *register*.
e. SRAM sebesar 512 *byte*.
f. Memori *Flash* sebesar 8 kb dengan kemampuan *Read While Write*.
g. *Port* antarmuka SPI.
h. EEPROM sebesar 512 *byte* yang dapat diprogram saat operasi.
i. Antarmuka komparator *analog*.
j. *Port* USART untuk komunikasi serial.
k. Sistem mikroprosesor 8 bit berbasis RISC dengan kecepatan maksimal 16 MHz.
l. Dan lain-lainnya.

Blok diagram fungsional mikrokontroler ATMega8535 ditunjukan pada gambar dibawah ini



Gambar 2.10 Arsitektur Mikrokontroler ATMega8535[4]

Dalam mikrokontroler ATmega8535 ini terdapat konfigurasi tesendiri agar dapat digunakan dengan baik dan benar. Konfigurasi tersebut digunakan untuk pengontrolan suatu instrumen yang digunakan. Selain itu, dengan konfigurasi kita dapat menentukan di *port* manakah kita memasukkan kodingan yang telah disusun dalam *software* tertentu yang ada pada komputer atau laptop. Di bawah ini merupakan konfigurasi *pin* AVR ATMega 8535:



Gambar 2.11 Konfigurasi Kaki (*Pin*) ATMega8535[4]

Konfigurasi *pin* ATMega 8535 dengan kemasan 40 *pin* DIP (*Dual In-Line package*) dapat dilihat pada gambar diatas. Dari gambar diatas dapat dijelaskan fungsi dari masing-masing *pin* ATMega 8535 sebagai berikut:

a. VCC merupakan *pin* yang berfungsi sebagai masukan catu daya.
b. GND merupakan *pin ground*.
c. *Port* A (PA0...PA7) merupakan *pin* I/O dan *pin* ADC.
d. *Port* B (PB0....PB7) merupakan *pin* I/O dan *pin* yang mempunyai fungsi khusus yaitu *timer/counter*, komparator *analog* dan SPI.

e. *Port* C (PC0....PC7) merupakan *port* I/O dan *pin* yang mempunyai fungsi khusus yaitu komparator *analog* dan *timer oscillator*.
f. *Port* D (PD0....PD7) merupakan *port* I/O dan *pin* fungsi khusus yaitu komparator *analog* dan *interupt* eksternal serta komunikasi *serial*.
g. RESET merupakan *pin* yang digunakan untuk me-*reset* mikrokontroler.
h. XTAL 1 dan XTAL 2 merupakan *pin* masukan *clock* eksternal.
i. AVCC merupakan *pin* masukan tegangan untuk ADC.
j. AREF merupakan *pin* masukan tegangan referensi untuk ADC.

Pengembangan sebuah sistem menggunakan mikrokontroller AVR buatan ATMEL menggunakan *software* AVR STUDIO dan *Code Vision* AVR. AVR STUDIO merupakan *software* khusus untuk bahasa *assembly*. Sedangkan *Code Vision* AVR merupakan *software C-Corss Compiler*, dimana program dapat ditulis dalam bahasa C, *Code Vision* memiliki IDE *(Integrated Development Environment)* yang lengkap, dimana penulisan program, *compile*, *link*, pembuatan *code* mesin (*assembler*) dan *download* program ke *chip* AVR dapat dilakukan pada *code vision*, selain itu ada fasilitas itu ada fasilitas *terminal*, yaitu untuk melakukan komunikasi serial dengan mikrokontroler yang sudah diprogram. Proses *download* program IC mikrokontroler AVR dapat menggunakan sistem *download* secara ISP (*In-System Programing*). *In-System Programmable flash on-chip* mengijinkan memori program untuk diprogram ulang dalam sistem menggunakan hubungan *serial* SPI

2.7 *Liquid Crystal Display* (LCD)

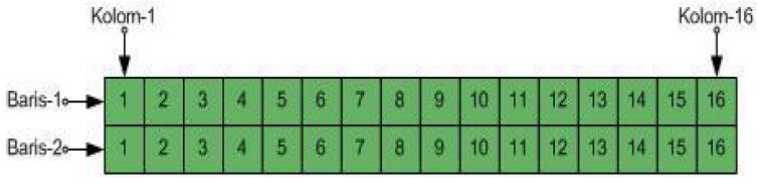
Liquid Crystal Display (LCD) adalah suatu alat untuk *display* berbagai *character*. LCD ini mempunyai beberapa ukuran mengikuti bilangan *character* seperti 16x2. 16x2 *character*

bermakna LCD tersebut mempunyai 16 kolom dan 2 baris. LCD ini mempunyai 16 *pin*.[8]

Gambar 2.12 LCD *Character* 16x2[8]

LCD karakter dalam pengendaliannya cenderung lebih mudah dibandingkan dengan LCD grafik. Namun ada kesamaan diantara keduanya, yaitu inisialisasi. Inisialisasi adalah prosedur awal yang perlu dilakukan dan dikondisikan kepada LCD agar LCD dapat bekerja dengan baik. Hal ini sangat penting ditentukan dalam proses inisialisasi adalah jenis *interface* (antar muka) antara yang dapat digunakan dalam pengendalian LCD karakter.

Untuk dapat mengendalikan LCD karakter dengan baik, tentu perlu koneksi yang benar. Koneksi yang benar dapat diwujudkan dengan cara mengetahui *pins* antarmuka yang dimiliki oleh LCD karakter tersebut yaitu seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.13 Penunjukkan Kolom dan Baris pada LCD 16x2[8]

Keterangan:

1. *Pin* 1 dihubungkan ke *Ground*.
2. *Pin* 2 dihubungkan ke Vcc (+5V).
3. *Pin* 3 dihubungkan ke bagian tengah potensiometer sebagai pengatur kontras.
4. *Pin* 4 untuk *Register Selection* (RS). Jika diberi nilai logika 1 (*High*) = *display* data dan jika diberi nilai logika 0 (*Low*) = *Write Operational*.
5. *Pin* 5 digunakan untuk mengatur fungsi LCD. Jika di-*set* ke logika 1 (*high*, +5V) maka LCD berfungsi untuk membaca data, jika *pin* ini di-*set* ke logika 0 (low, 0V) akan berfungsi untuk menulis data.
6. *Pin* 6 adalah terminal *enable* (*Enable Signal*). Berlogika 1 setiap kali pengiriman atau pembaca data.
7. *Pin* 7 – 14 adalah saluran dua arah (*bi-directional*) data 8 *bit* dan 4 *bit bus data* (untuk 4 *bit pin* data yang digunakan *pin* 11 – 14).
8. *Pin* 15 dan 16 adalah tegangan untuk menyalakan LCD.

2.8 *Software Code Vision AVR*

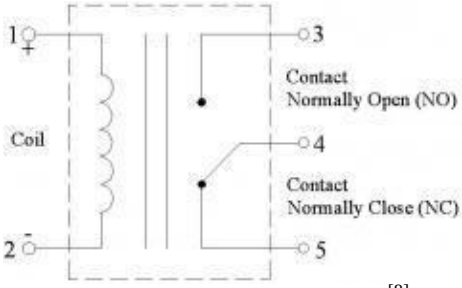
Code Vision AVR merupakan sebuah *cross-compiler* C, *Integrated Development Environtment* (IDE), dan *Automatic* Program *Generator* yang didesain untuk mikrokontroler buatan Atmel seri AVR. *Code Vision AVR* dapat dijalankan pada sistem operasi Windows 95, 98, Me, NT4, 2000, dan XP. *Cross-compiler* C mampu menerjemahkan hampir semua perintah dari bahasa ANSI C, sejauh yang diizinkan oleh arsitektur dari AVR, dengan tambahan beberapa fitur untuk mengambil kelebihan khusus dari arsitektur AVR dan kebutuhan pada sistem *embedded*.

File object COFF hasil kompilasi dapat digunakan untuk keperluan *debugging* pada tingkatan C, dengan pengamatan variabel, menggunakan *debugger Atmel AVR Studio*. IDE mempunyai fasilitas internal berupa *software AVR Chip In-System Programmer* yang memungkinkan untuk melakukan

transfer program kedalam *chip* mikrokontroler setelah sukses melakukan kompilasi/asembli secara otomatis. *Software In-System Programmer* didesain untuk bekerja dengan *Atmel STK500/AVRISP/AVRProg, Kanda System STK200+/300, Dontronics DT006, Vogel* Elektronik *VTEC-ISP, Futurlec JRAVR* dan *Micro Tronics ATCPU/Mega2000programmers/development boards*. [4]

2.9 *Relay*

Relay adalah sebuah saklar magnetik yang menggunakan medan magnet dan sebuah kumparan untuk membuka atau menutup satu atau beberapa kontak saklar pada saat *relay* dialiri arus. Pada dasarnya *relay* terdiri dari sebuah lilitan kawat yang terlilit pada suatu besi dari inti besi lunak yang selanjutnya berubah menjadi magnet yang menarik atau menolak suatu pegas sehingga kontak dapat menutup atau membuka. *Relay* bekerja berdasarkan pembentukan elektromagnet yang menggerakkan elektromekanis penghubung dari dua atau lebih titik penghubung (konektor) rangkaian sehingga dapat menghasilkan kondisi ON atau kontak OFF atau kombinasi dari keduanya.[8]

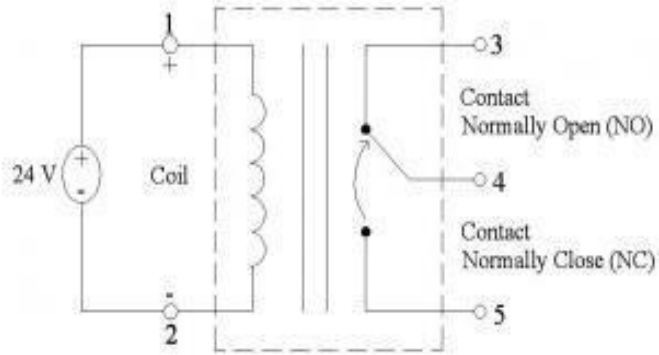


Gambar 2.14 Simbol *Relay*[8]

Pada keadaan awal, yaitu pada saat *coil relay* tidak diberi tegangan, maka yang terhubung adalah *contact Normally Close* (NC). Sedangkan *contact Normally Open* (NO) dalam keadaan terbuka. Standar tegangan untuk *relay* DC adalah 6V, 12V, 24V, 48V, dan 100V atau dengan mengatur tegangan tersebut sehingga

didapat arus minimum untuk menggerakkan *relay*. Tegangan dari *relay* tersebut dapat ditentukan oleh lilitan penguat yang terdapat di dalam *relay* itu sendiri sehingga kita dapat mengetahui berapa tegangan dari suatu *relay*.

Jika sebuah *relay* 24 Volt DC diberi tegangan sebesar 24 Volt DC pada *coil*-nya , maka *relay* tersebut akan mengalami *switching* seperti pada gambar dibawah ini



Gambar 2.15 Kondisi *Relay* saat *Switching*[8]

Pada keadaan ini, yang terhubung adalah *contact Normally Open* (NO), sementara *contact Normally Close* (NC) dalam keadaan terbuka. Proses *switching* pada *relay* DC dapat dijelaskan sebagai berikut. *Coil* pada *relay* merupakan sebuah kumparan berupa material batang yang sifat kemagnetannya mudah ditimbulkan dan mudah dihilangkan. Ketika ada arus yang mengaliri kumparan, maka akan muncul medan magnet pada inti batang dengan kutub magnet sesuai aturan tangan kanan (proses elektromagnetik). Munculnya medan magnet pada inti batang kumparan ini menarik material magnetik (proses mekanik akibat adanya medan magnet), tempat dimana *contact-contact relay* melekat. Akibatnya *contact* mengalami perubahan posisi dari posisinya semula, NC yang semulanya terhubung menjadi terbuka, NO yang semulanya terbuka menjadi terhubung. Sifat – sifat dari relay adalah sebagai berikut:

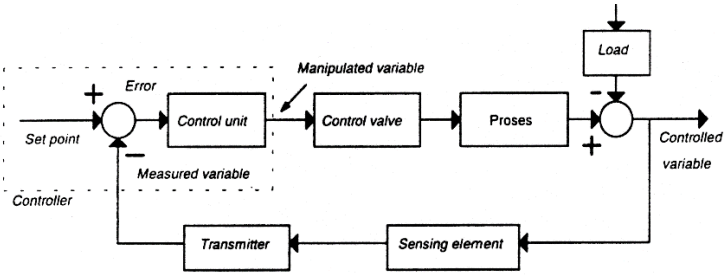
a. Kuat arus yang diperlukan untuk pengoperasian *relay* ditentukan oleh pabrik pembuatnya. *Relay* dengan tahanan kecil memerlukan arus yang besar dan juga sebaliknya, *relay* dengan tahanan besar memerlukan arus yang kecil.
b. Tegangan yang diperlukan untuk menggerakkan suatu *relay* akan sama dengan kuat arus yang dikalikan dengan tahanan atau hambatan *relay*.
c. Daya yang diperlukan untuk menggerakkan *relay* sama dengan tegangan yang dikalikan dengan arus.

2.10 Sistem Pengendalian Proses

Sistem adalah kombinasi dari beberapa komponen yang bekerja bersama-sama dan melakukan suatu sasaran tertentu, sedangkan pengendalian diartikan sebagai mengekang dan menguasai. Jadi sistem pengendali proses adalah sistem pengendalian suatu parameter dari berbagai macam proses. Sistem pengendalian proses terbagi menjadi dua yaitu sistem pengendalian manual dan sistem pengendalian otomatis.

a. Sistem pengendalian manual adalah sistem pengendalian dengan subyek adalah makhluk hidup, contoh oleh manusia. Biasanya sistem ini dipakai pada beberapa proses-proses yang tidak banyak mengalami perubahan beban (*load*) atau pada proses yang tidak kritis.
b. Sistem pengendalian otomatis adalah sistem pengendalian dimana subyek digantikan oleh suatu alat yang disebut *controller*. Dimana tugas untuk membuka dan menutup *valve* tidak lagi dikerjakan oleh operator, tetapi atas perintah *controller*.

Semua analisa sistem pengendalian selalu dimulai dengan menampilkan diagram blok sistem. Didalam diagram blok sistem pengendalian otomatis, akan selalu ada komponen-komponen pokok seperti elemen proses, elemen pengukuran (*sensing element dan transmitter*), elemen *controller* (*control unit*), dan *final control element* (*control valve*). Berikut merupakan diagram blok sistem pengendalian otomatis[9]:



Gambar 2.16 Diagram Blok Sistem Pengendalian Otomatis[9]

Pada gambar 2.14, bagian *controller* mempunyai *summing junction* dengan tanda positif-negatif (+/-). Di titik inilah langkah membandingkan dilakukan mengurangi besaran *set point* dengan sinyal *measurement variable*. Hasilnya adalah sinyal yang disebut *error*. Untuk tanda (-) pada *summing junction* sistem pengendalian otomatis disebut sistem *negative feedback.*, jika tanda pada *summing junction* (+) maka sistem pengendalian otomatis disebut *positif feedback*. Beberapa keterangan mengenai elemen-elemen sistem pengendalian otomatis dari diagram blok pada gambar 2.14 adalah sebagai berikut[9]:

a. Proses (*Process*)
   Proses adalah tatanan peralatan yang mempunyai suatu fungsi tertentu. *Input* proses dapat bermacam-macam, yang pasti merupakan besaran yang dimanipulasi oleh *final control element* atau *control valve* agar variabel yang dimaksud sama dengan *set point*. *Input* proses ini juga disebut *manipulated variable*.

b. *Controlled Variable*
   Controlled variable adalah besaran atau *variable* yang dikendalikan. Besaran ini pada diagram blok juga disebut *output* proses atau *process variable*.

c. *Manipulated Variable*
   Manipulated variable adalah *input* dari suatu proses yang dapat dimanipulasi atau diubah-ubah besarnya dengan

tujuan agar *process variable* atau variabel yang dikendalikan besarnya sama dengan *set point*.

d. *Disturbance*
Disturbance adalah besaran lain, selain *manipulated variable*, yang dapat menyebabkan berubahnya *controlled variable*. Besaran ini juga disebut dengan *load*.

e. *Sensing Element*
Sensing element adalah bagian paling ujung suatu sistem pengukuran (*measuring system*). Contoh elemen pengukur yang banyak dipakai misalnya *thermocouple* atau *oriface plate*. Bagian ini juga biasa disebut *sensor* atau *primary element*.

f. *Transmitter*
Transmitter adalah alat yang berfungsi untuk membaca sinyal *sensing element*, dan mengubahnya menjadi sinyal yang dapat dimengerti oleh *controller*.

g. *Transducer*
Transducer adalah unit pengalih sinyal. Kata *transmitter*, seringkali dirancukan dengan kata *transducer*. Keduanya memang mempunyai fungsi yang serupa, walaupun tidak sama benar. *Transducer* lebih bersifat umum, sedangkan *transmitter* lebih khusus pada penggunaan dalam sistem pengukuran.

h. *Measurement Variable*
Measurement variable adalah sinyal yang keluar dari *transmitter*. Besaran ini merupakan cerminan besarnya sinyal sistem pengukuran.

i. *Set Point*
Set point adalah besar *process variable* yang dikehendaki. Sebuah *controller* akan selalu berusaha menyamakan *controlled variable* dengan *set point*.

j. *Error*
Error adalah selisih antara *set point* dikurangi *measured variable*. *Error* bisa negatif, bisa juga positif. Bila *set point* lebih besar dari *measured variable*, *error* akan menjadi positif. Sebaliknya, bila *set point* lebih kecil dari *measured variable*, *error* menjadi negatif.

k. *Controller*
Controller adalah elemen yang mengerjakan tiga dari empat tahap langkah pengendalian yang membandingkan *set point* dengan *measurement variable*, menghitung berapa banyak koreksi yang perlu dilakukan, dan mengeluarkan sinyal koreksi sesuai dengan hasil perhitungan tadi. *Controller* sepenuhnya menggantikan peran manual dalam mengendalikan sebuah proses. *Controller* merupakan alat pengendali.

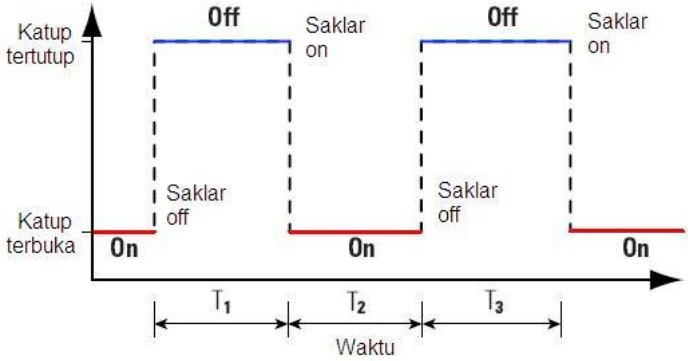
l. *Control Unit*
Control unit adalah bagian dari *controller* yang menghitung besarnya koreksi yang diperlukan. *Input control unit* adalah *error*, dan *output*-nya adalah sinyal yang keluar dari *controller* (*manipulated variable*). *Control unit* memiliki *transfer function* yang tergantung pada jenis *controller*. *Output control unit* adalah hasil penyelesaian matematik *transfer function* dengan memasukkan nilai *error* sebagai *input*.

m. *Final Control Element*
Final control element adalah bagian akhir dari instrumentasi sistem pengendalian. Bagian ini berfungsi untuk mengubah *measurement variable* dengan cara

memanipulasi besarnya *manipulated variable* berdasarkan perintah *controller*.

2.11 Pengendalian *ON-OFF*

Karakteristik kontroler on – off ini hanya bekerja pada 2 posisi, yaitu on dan off. Kerja kontroler on – off banyak digunakan pada aksi pengontrolan yang sederhana karena harganya murah. Karena sistem kerja yang digunakan adalah on – off saja, hasil output dari sistem pengendalian ini akan menyebabkan proses variabel tidak akan pernah konstan. Besar kecilnya fluktuasi process variabel ditentukan oleh titik dimana kontroller dalam keadaaan on dan off. Pengendalian dengan aksi kontrol ini juga menggunakan feedback . [9]



Gambar 2.17 Aksi Kontrol *On Off*[9]

2.12 Karakteristik Statik

Karakteristik statik yaitu karakteristik dari suatu instrument alat ukur yang tidak bergantung waktu. Karakteristik statik tersebut terdiri dari [7]:

a. Akurasi

Akurasi merupakan tingkat ketelitian suatu alat dalam memberikan hasil pengukuran.

$$A = 1 - \Sigma \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right| x100\% \quad \text{.....2.1}$$

Dengan:
Y_n = Pembacaan standar (I) dan
X_n = Pembacaan alat (O)

b. ***Error***

Selisis nilai pengukuran alat dengan nilai standar.
Error = pembacaan alat – pembacaan standar…….2.2

c. Linearitas

Linearitas pada sensor merupakan perbandingan perubahan *output* terhadap perubahan *input* secara kontinyu. Untuk mendapatkan nilai linearitas dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$histeresis = \frac{Omax - Omin}{I_{max} - I_{min}} \quad \text{..... 2.3}$$

$$a\ (zero\ bias) = O_{min} - KI_{min} \quad \text{.....2.4}$$

d. **Sensitivitas**

Sensitiviti merupakan penunjukan seberapa jauh kepekaaan sensor terhadap kuantitas yang diukur. Sensitivitas sering juga dinyatakan sebagai bilangan yang menunjukkan perubahan keluaran (output) terhadap perubahan masukan (input).

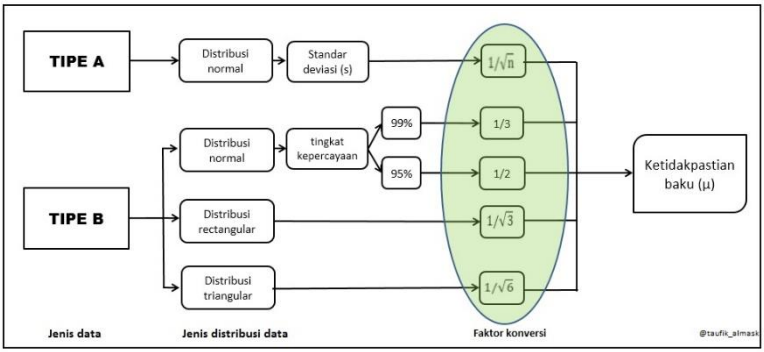
e Histerisis

Histerisis merupakan penyimpangan yang timbu sewaktu dilakukan pengukuran secara kontinyu dari dua arah berlawanan.

$$\%\ Maksimum\ histeresis = \frac{\hat{H}}{O_{max} - O_{min}}\ x\ 100\% \quad \text{.....2.5}$$

2.13 Teori Ketidakpastian

Sumber-sumber ketidakpastian yang turut memberikan kontribusi selain ada pada diri manusia sendiri sebagai pelaku pengukuran/kalibrasi juga pada alat-alat bantu (kalibrator) yang digunakan, juga resolusi alatnya serta pengaruh suhu lingkungan.



Gambar 2.18 Diagram Alir Penentuan Nilai Ketidakpastian Baku dari Data Tipe A dan B[5]

Untuk mengevalusi masing- masing sumber ketidakpastian tersebut, diperlukan analisa dengan menggunakan metoda statistik, yang disebut analisa *type* A, dan menggunakan selain metode statistik yang disebut dengan Analisa *type* B. untuk lebih jelasnya dapat dilihat sebagai berikut:

a. Analisa *Type* A, (U_a)

   Pada tipe ini biasanya ditandai dengan adanya data pengukuran, misalnya n kali pengukuran, maka selanjutnya dari data tersebut, akan ditemukan nilai rata-ratanya, standar deviasinya, dan atau *repeatability*-nya. Bentuk kurva dari tipe ini adalah sebaran Gauss. Rumus umum ketidakpatian untuk tipe A ini adalah:

$$Ua_1 = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad \textbf{(2.6)}$$

   Dimana:

σ = Standar deviasi
n = Banyaknya data

Rumus standar deviasi (σ) sendiri adalah sebagai berikut:$\sigma = \frac{\sqrt{\sum(y_i-\bar{y})^2}}{n-1}$ ……**(2.7)**

Dimana:
y_i = nilai koreksi ke-i
$\bar{y}$ = rata-rata nilai koreksi
σ = Standard Deviasi

Sedangkan untuk Ua_2 rumusnya dapat diketahui seperti di bawah ini:

$$Ua_2 = \sqrt{\frac{SSR}{n}} \quad \textbf{(2.8)}$$

Dimana:
SSR *(Sum Square Residual)* = ΣSR(*Square Residual*)
SR = R^2 (*Residu*)

$$SSR = \sum R^2 \quad \textbf{(2.9)}$$

$$R = Y_i - Y_{Reg} \quad \textbf{(2.10)}$$

$$Y_{Reg} = a + bX_i \quad \textbf{(2.11)}$$

$$a = \bar{y} + (b\bar{x}) \quad \textbf{(2.12)}$$

$$b = \frac{n.\sum x_i y_i - \sum xi \sum y_i}{n.\ \sum xi^2 - (\sum xi)^2} \quad \textbf{(2.13)}$$

b. Analisa *Type* B (U_b)
Pada analisa tipe ini akan digunakan selain metode statistik, yaitu berdasarkan adanya sertifikat kalibrasi atau

tidak dan spesifikasi dari alat tersebut. Berhubung dalam laporan ini alat ukur standar yang dipakai tidak ada sertifikat kalibrasi, maka rumusnya adalah sebagai berikut:

$$Ub_1 = \frac{0{,}5\ Resolusi}{\sqrt{3}} \quad \textbf{(2.14)}$$

$$Ub_2 = \frac{a}{k} \quad \textbf{(2.15)}$$

Dimana:

Ub_1 = Ketidakpastian resolusi
Ub_1 = Ketidakpastian dari alat standar
a = Ketidakpastian sertifikat kalibrasi
k = faktor cakupan

c. Ketidakpastian Kombinasi (U_c)
Selanjutnya dari semua sumber ketidakpastian tersebut harus dikombinasikan atau digabungkan untuk memberikan gambaran menyeluruh ketidakpstian dari hasil kalibrasi tersebut. Rumus umum ketidakpastian kombinasi adalah:

$$U_c = \sqrt{\sum (U_a)^2 + \sum (U_b)^2} \quad \textbf{(2.16)}$$

Atau secara umum:

$$Uc^2 = \Sigma (C_i . U_i)^2 \quad \textbf{(2.17)}$$

Dengan C_i = Koefisien sensitifitas dari ketidakpastian ke-i

d. Ketidakpastian Diperluas (U_{exp})
Dalam pelaporan ketidakpastian hasil pengukuran/ kalibrasi yang dilaporkan adalah ketidakpatian yang sudah dalam perluasan (*expanded*), sehingga hasil tersebut sangat logis dalam kenyataan, selain itu dengan

menggunakan tingkat kepercayaan 95 %, seperti lazimnya dipakai dalam pelaporan-pelaporan saat ini, lain halnya jika ada pengecualian dengan mengambil tingkat kepercayaan tertentu. Rumus ketidakpastian diperluas (*expanded uncertainty*) adalah:

$U_{95} = k\, U_c$ .....**(2.18)**

Dengan:
U_{95} = Ketidakpastian diperluas
k = Faktor Cakupan
U_c = Ketidakpastian kombinasi

e. Derajat Kebebasan Effektif (V_{eff})
Nilai faktor cakupan, k untuk perkalian ketidakpastian diperluas diatas didapat dari derajat kebebasan effektif, V_{eff}, dengan rumus:

$$V_{eff} = \frac{(U_c)^4}{\sum^{(U_i)^4}/_{V_i}} \text{.....(2.19)}$$

Dengan:
U_c = Ketidakpastian kombinasi/gabungan
U_i = Ketidakpastian individual ke-i
V_i = Derajat kebebasan pada ketidakpastian individual ke- i

f. Tingkat Kepercayaan (U_{95})
Tingkat kepercayaan merupakan tingkatan keyakinan akan keberadaan nilai sebenarnya pada suatu tindak pengukuran dengan menggunkan alat tertentu.

g. Faktor Cakupan (k)
Faktor cakupan meruakan faktor pengali pada ketidakpastian, sehingga membentuk cakupan logis pada

penggunaan keseharian. Faktor cakupan dicari menggunakan tabel *T-Student Distribution*. [5]

Tabel 2.1 *T-Student Distribution*[5]

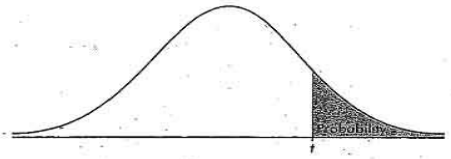


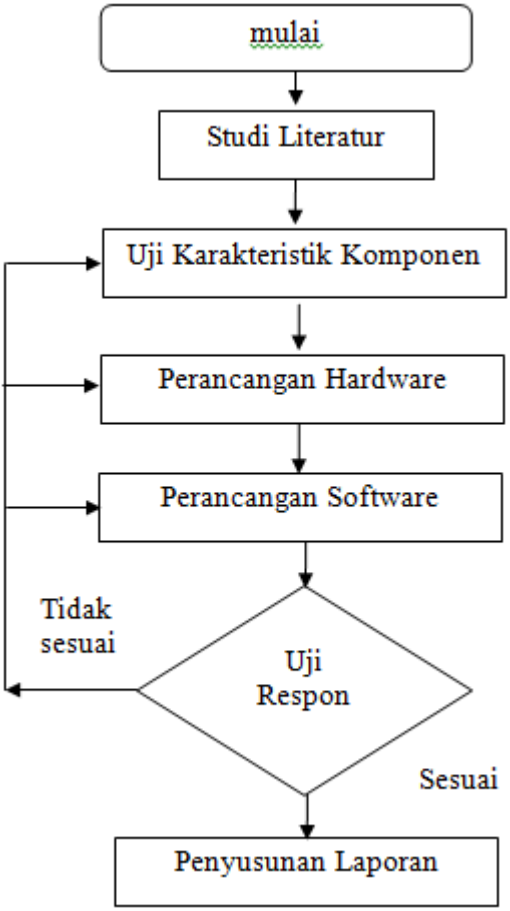
TABLE B: *t*-DISTRIBUTION CRITICAL VALUES

	Tail probability *p*											
df	.25	.20	.15	.10	.05	.025	.02	.01	.005	.0025	.001	.0005
1	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.71	15.89	31.82	63.66	127.3	318.3	636.6
2	.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	4.849	6.965	9.925	14.09	22.33	31.60
3	.765	.978	1.250	1.638	2.353	3.182	3.482	4.541	5.841	7.453	10.21	12.92
4	.741	.941	1.190	1.533	2.132	2.776	2.999	3.747	4.604	5.598	7.173	8.610
5	.727	.920	1.156	1.476	2.015	2.571	2.757	3.365	4.032	4.773	5.893	6.869
6	.718	.906	1.134	1.440	1.943	2.447	2.612	3.143	3.707	4.317	5.208	5.959
7	.711	.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.517	2.998	3.499	4.029	4.785	5.408
8	.706	.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.449	2.896	3.355	3.833	4.501	5.041
9	.703	.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.398	2.821	3.250	3.690	4.297	4.781
10	.700	.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.359	2.764	3.169	3.581	4.144	4.587
11	.697	.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.328	2.718	3.106	3.497	4.025	4.437
12	.695	.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.303	2.681	3.055	3.428	3.930	4.318
13	.694	.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.282	2.650	3.012	3.372	3.852	4.221
14	.692	.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.264	2.624	2.977	3.326	3.787	4.140
15	.691	.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.249	2.602	2.947	3.286	3.733	4.073
16	.690	.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.235	2.583	2.921	3.252	3.686	4.015
17	.689	.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.224	2.567	2.898	3.222	3.646	3.965
18	.688	.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.214	2.552	2.878	3.197	3.611	3.922
19	.688	.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.205	2.539	2.861	3.174	3.579	3.883
20	.687	.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.197	2.528	2.845	3.153	3.552	3.850
21	.686	.859	1.063	1.323	1.721	2.080	2.189	2.518	2.831	3.135	3.527	3.819
22	.686	.858	1.061	1.321	1.717	2.074	2.183	2.508	2.819	3.119	3.505	3.792
23	.685	.858	1.060	1.319	1.714	2.069	2.177	2.500	2.807	3.104	3.485	3.768
24	.685	.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.172	2.492	2.797	3.091	3.467	3.745
25	.684	.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.167	2.485	2.787	3.078	3.450	3.725
26	.684	.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.162	2.479	2.779	3.067	3.435	3.707
27	.684	.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.158	2.473	2.771	3.057	3.421	3.690
28	.683	.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.154	2.467	2.763	3.047	3.408	3.674
29	.683	.854	1.055	1.311	1.699	2.045	2.150	2.462	2.756	3.038	3.396	3.659
30	.683	.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.147	2.457	2.750	3.030	3.385	3.646
40	.681	.851	1.050	1.303	1.684	2.021	2.123	2.423	2.704	2.971	3.307	3.551
50	.679	.849	1.047	1.299	1.676	2.009	2.109	2.403	2.678	2.937	3.261	3.496
60	.679	.848	1.045	1.296	1.671	2.000	2.099	2.390	2.660	2.915	3.232	3.460
80	.678	.846	1.043	1.292	1.664	1.990	2.088	2.374	2.639	2.887	3.195	3.416
100	.677	.845	1.042	1.290	1.660	1.984	2.081	2.364	2.626	2.871	3.174	3.390
1000	.675	.842	1.037	1.282	1.646	1.962	2.056	2.330	2.581	2.813	3.098	3.300
∞	.674	.841	1.036	1.282	1.645	1.960	2.054	2.326	2.576	2.807	3.091	3.291
	50%	60%	70%	80%	90%	95%	96%	98%	99%	99.5%	99.8%	99.9%
	Confidence level *C*											

BAB III
PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1 *Flowchart* dan Diagram Blok Perancangan Alat

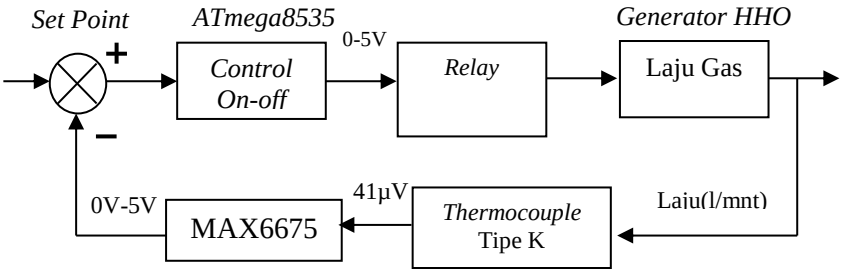
Langkah-langkah perancangan alat ini digambarkan dalam *flowchart* yang dapat dilihat pada gambar 3.1 di bawah ini.



Gambar 3.1 *Flowchart* Pengerjaan Tugas Akhir

Flowchart diatas merupakan *flowchart* pengerjaan tugas akhir mulai dari *start* hingga selesai. Tahap awal pada diagram alir ini dimulai dengan adanya studi literatur sebagai upaya pemahaman terhadap materi yang menunjang tugas akhir. Setelah melakukan studi literatur, selanjutnya melakukan uji karakteristik komponen kemudian dibuat perancangan *hardware*, *software*, dan mekanik dari sistem pengendalian laju produksi berbasis ATMega8535. Setelah itu dari sistem pengendalian laju produksi *brown's gas* yang telah dibuat, dilakukan pengujian alat dengan memberi *input* temperatur pada generator HHO, sehingga dapat diketahui pembacaan temperature yang kemudian dikonversi ke laju produksi *brown's gas*. Apabila semua rancang bangun sistem pengendalian laju produksi *brown's gas* dapat bekerja dengan baik, maka selanjutnya dilakukan pengambilan data. Setelah pembuatan rancangan telah selesai dengan hasil yang sesuai dengan yang diinginkan, kemudian dilakukan analisis data dengan memanfaatkan hasil dari uji performansi dan sistem pengendalian. Setelah semua hasil yang diinginkan tercapai mulai dari studi literatur hingga analisa data dan kesimpulan dicantumkan dalam sebuah laporan.

Diagram blok merupakan salah satu cara yang paling sederhana untuk menjelaskan cara kerja dari suatu sistem. Dengan diagram blok dapat menganalisa cara kerja rangkaian dan merancang hardware yang akan dibuat secara umum. Adapun diagram blok dari sistem yang dirancang, seperti yang diperlihatkan pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Diagram Blok Sistem Pengendalian Laju *Brown Gas*

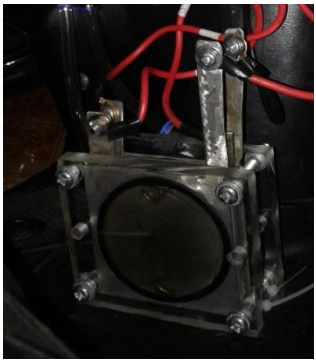
Gambar 3.2 di atas merupakan gambar digram blok sistem pengendalian laju produksi *brown's gas* pada generator HHO yang terdiri dari mikrokontroler ATMega8535 sebagai *controller,* relay sebagai aktuator, generator HHO sebagai tempat pemrosesan, dan sensor termokopel tipe-K sebagai sensor untuk sensing yang keluarannya sangat kecil sehingga dibutuhkan penguatan sinyal menggunakan modul MAX6675. Besarnya tegangan kemudian dikonversi ke dalam laju dengan satuan liter/menit.

3.2 Gambaran Umum

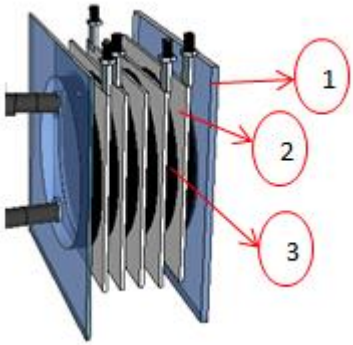
Pada tugas akhir kali ini membuat rancang bangun system pengendalian laju produksi pada *plant brown's gas* dengan metode elektrolisis yang terintegrasi dengan mikrokontroler atmega8535. Terdapat beberapa bagian penting didalam rancang bangun alat ini yaitu sebagai berikut :

a. Generator HHO/Generator *Brown's Gas*

Generator HHO yang dipakai dalam tugas akhir ini adalah tipe *dry cell* yang terdiri dari beberapa elektroda yang terbuat dari bahan *Stainless Steel* 360. Generator HHO ini terdiri dari lima elektroda dengan empat ruang dimana setiap ruangnya memiliki tegangan sebesar 3 volt. Generator HHO ini berfungsi untuk memecahkan aquades dan KOH menjadi $2H_2$ dan O_2 dengan proses elektrolisis.



Gambar 3.3 Generator HHO *Dry Cell*



Gambar 3.4 Desain Generator HHO

Keterangan :

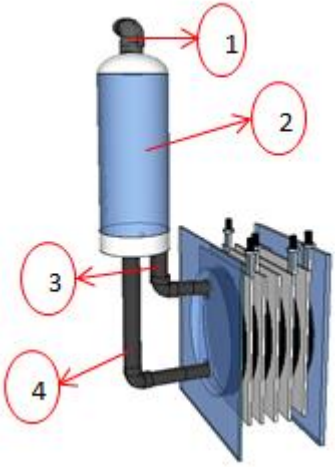
1. Akrilik sebagai isolator dan berfungsi untuk menampung air dalam karet (*seal*)
2. Elektroda sebagai penghantar aris listrik dari sumber *accu* ke air yang di elektrolisis
3. Karet / seal berfungsi untuk menyekat elektroda satu dengan elektroda lainnya

b. Bubbler

Bubbler terbuat dari pipa paralon dengan ukuran $2^{1/2}$,,. Bubbler ini berfungsi sebagai wadah penampung aquades dan

KOH. Selain itu bubbler ini berfungsi untuk memisahkan uap air yang masih terkandung dalam gas HHO sebelum masuk ke ruang bakar.

Gambar 3.5 Bubbler



Gambar 3.6 Desain Bubler

Keterangan :

1. Selang 1 sebagai *output*/ keluaran gas HHO yang selanjutnya masuk ke dalam *intake manifol* melalui sambungan T.
2. Tabung bubbler berfungsi untuk memisahkan gas HHO dengan uap air. Selain itu, 1/5 dari tabung bubbler berisi aquades dan KOH.
3. Selang 2 sebagai saluran keluarnya air dari generator HHO menuju bubbler.
4. Selang 3 sebagai saluran masuknya air dari bubbler menuju generator HHO

C. Sambungan T

Gas HHO dari bubbler dicampurkan dengan udara melalui intake manifold menggunakan sambungan T. Intake manifold merupakan saluran udara ke ruang bakar.

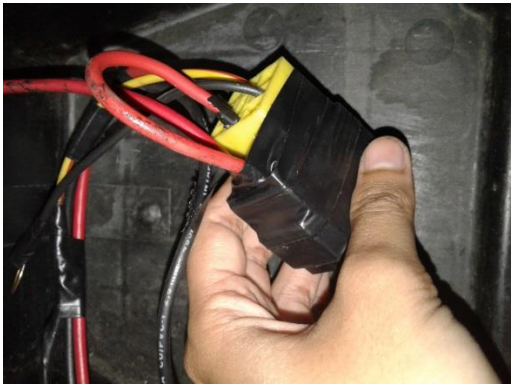
Gambar 3.7 Pemasangan Gas HHO

c. Potensiometer

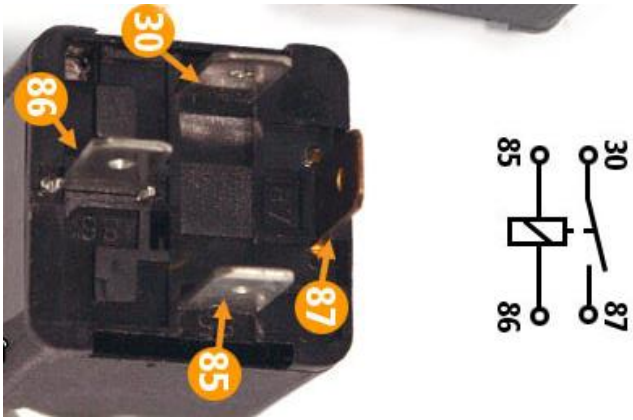
Pada tugas akhir ini menggunakan potensiometer 10k yang berfungsi untuk mengubah putaran gas menjadi nilai adc. Potensiometer ini dipasang pada putaran gas bawah.

Gambar 3.8 Pemasangan PotensiometerRelay

Pada tugas akhir ini menggunakan relay empat kaki dan sekring/ *fuse* sehingga sistem akan bekerja saat kontak kunci dinyalakan *(on)*. Sekring 10 ampere sebagai pengaman apabila terjadi arus berlebih. Berikut ini adalah gambar dan skematik pemasangan dari relay dan sekring.



Gambar 3.9 Pemasangan Relay



Gambar 3.10 Skematik Relay 4 kaki

Berikut ini adalah prosedur untuk pemasangan relay pada

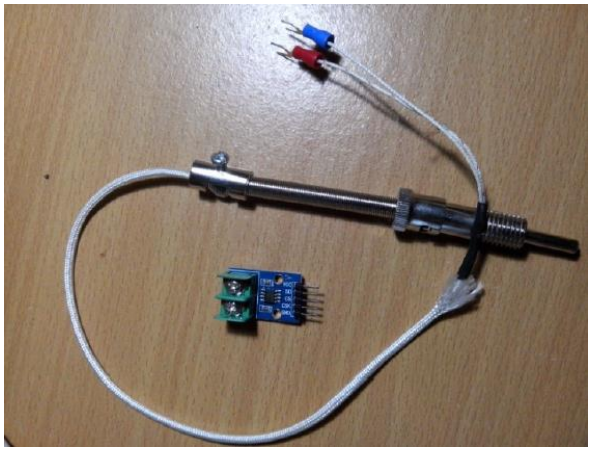
1) Positif accu sepeda motor disambung pada input sekring/ fuse.
2) Output yang berupa pada sekring/fuse disambungkan pada kaki relay 30
3) Kaki relay 87 disambungkan ke kaki positif saklar pada generator *brown's gas*
4) Kaki relay 85 disambungkan ke positif ignition switch
5) Kaki relay 86 disambungkan ke negatif accu sepeda motor.

d. Power suppy

Power supply pada tugas akhir ini dibuat dengan keluaran 3 v, 6 v,9v,12 v yang dihubungkan ke masing-masing elektroda. Tegangan 3 volt dihubungkan ke elektroda 1 dengan satu ruang yang terelektrolisis. Tegangan 6 volt dihubungkan ke elektroda 2 dengan dua ruang yang terelektrolisis. Tegangan 9 volt dihubungkan ke elektroda 3 dengan tiga ruang yang terelektrolisis. Tegangan 3 volt dihubungkan ke elektroda 4 dengan empat ruang yang terelektrolisis. .

e. Sensor Termokopel

Sensor termokopel dipasang pada bubbler berfungsi untuk menyensing yang termperatur . Sensor termokopel yang digunakan adalah tipe K dengan range -270^{o} C sampai +1370^{o}C, dengan *sensitivitas* mendekati 40 µV/^{o} C. Namun keluaran sensor termokopel masih kecil, sehingga ditambahkan modul MAX6675 agar bisa dibaca oleh mikrokontroller. Berikut ini adalah gambar dari sensor temperature dan MAX6675, serta konvigurasi PIN ke mikrokontroller



Gambar 3.11 Termokopel tipe K dan MAX6675

Tabel 3.1 Konfigurasi MAX6675 dengan ATmega8535

Konfigurasi MAX6675 dengan ATmega 8535	
Sensor Pin	**Pin ATmega16**
GND	GND
VCC	+5V
SO	6

Cs	4
Sck	7

sumber tegangan yang digunakan pada pengujian sensor ialah dari ATmega16 sebesar 5V dan ADC 12 bit dari MAX6675. Output sensor berupa tegangan µV yaitu sebesar 41 µV/^{o}C. Kemudian dikuatkan dengan MAX6675 agar menjadi volt (V) dengan rumus pendekatan karakteristik dengan rumus:

Vout = (41 µV/^{o}C) 5 (Tr-T_{AMB}) ..... (3.1)

Dengan :

Vout = Voutput termokopel (µV)

Tr = Temperatur remote junction (^{o}C), (150^{o}C)

T_{AMB} = Temperature Ambient (^{o}C), (-20^{o}C - 85^{o}C)

Diketahui :

- Adc 12 bit = 0-4096
- Supply Atmega8535 = 0-5 Volt
- Tegangan output sensor = 41 µV/^{o}C
- 1 µV = 10^{-6} V

Sehingga :

Vout = (41 µV/^{o}C) 5 (Tr-T_{AMB})
= (41 µV/^{o}C) 5 (150-(85-(-20)
= (41 µV/^{o}C) 1275
= 52275 µV/^{o}C
= 0,052275 V (untuk setiap kenaikan 1^{o}C)

f. *Modul Relay*

Modul Relay merupakan suatu komponen elektronika yang berfungsi mengalirkan tegangan listrik melaui sebuah penghantar yang digerakkan oleh sebuah medan magnet melalui koil yang dialiri oleh arus listrik. Pada tugas akhir

ini menggunakan 4 buah *relay* yang masing-masing memiliki spesifikasi yang sama yaitu dapat dialiri tegangan listrik AC 220 volt dengan arus 10 A dan tegangan listrik DC 30 volt dengan arus 10 A. Sedangkan spesifikasi tegangan untuk mengerakkan koilnya yaitu 5 volt DC.

Gambar 3.12 Modul *Relay*

g. *Liquid Crystal Display* (LCD)

Pada tugas akhir ini *liquid crystal display* (LCD) digunakan untuk menampilkan hasil pengukuran dari sensor ultrasonik yang telah terintegrasi dengan mikrokontroler atmega8535. LCD yang digunakan pada tugas akhir ini mempunyai ukuran 16 x 2 yang artinya LCD ini memiliki 2 baris karakter dan masing-masing baris mampu menampilkan 8 karakter yang berbeda.

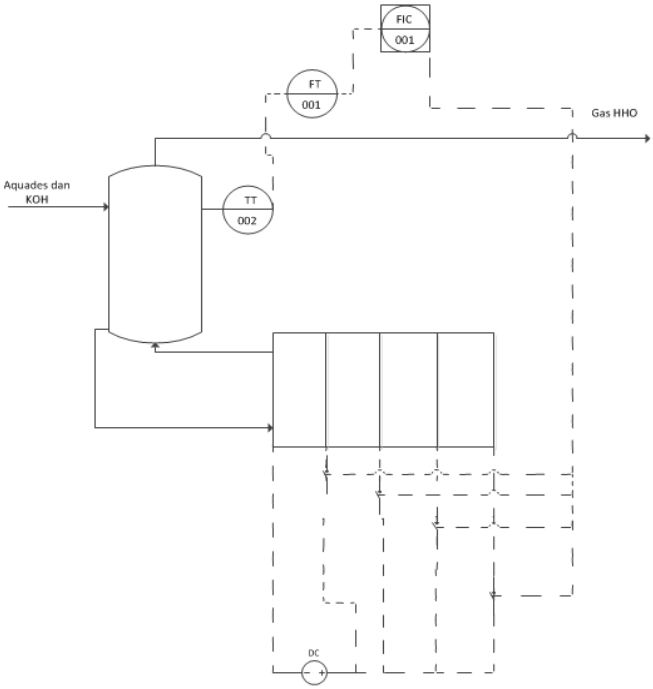
3.3 Perancangan Alat Tugas Akhir

Perancangan tugas akhir kali ini dijelaskan sebagai berikut :

3.3.1 Perancangan Sistem Pengendalian Laju Produksi *Brown's Gas*

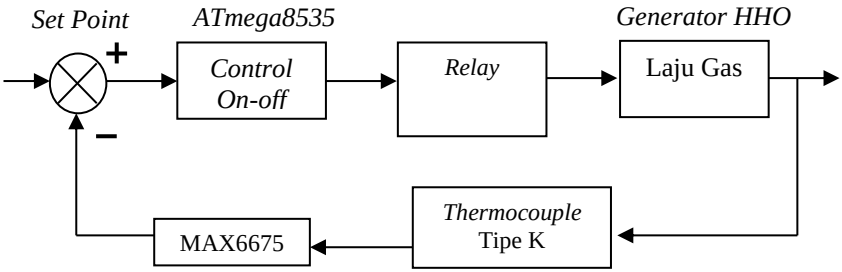
Brown's Gas atau yang disebut HHO (Hidrogen Hidrogen Oksigen) merupakan gas hasil dari proses pemecahan air murni (H_2O) dengan proses elektrolisis. Proses elektrolisis aquades itu sendiri menguraikan

senyawa air (H_2O) menjadi oksigen (O_2) dan hidrogen (H_2) dengan menggunakan arus listrik yang dihubungkan ke elektroda pada generator HHO tipe dry cell. Gas HHO yang dihasilkan dari proses elektrolisis akan mengalir menuju bubler yang berfungsi untuk memisahkan uap air yang masih terkandung pada gas HHO. Selain itu bubbler ini juga berfungsi sebagai penampung larutan *aquades* dan KOH. Gas HHO yang keluar bubler tersebut masuk ke ruang pembakaran melalui *intake manifold*. Berikut ini adalah p&id dari system pengendalian laju produksi *brown's gas*



Gambar 3.13 P&ID Sistem Pengendalian laju Produksi *Brown's Gas*

Pada gambar p&id sistem pengendalian laju produksi *brown's gas* diatas menggunakan sensor temperature tipe K yang dipasang pada bubbler. Adapun pada alat ini menggunakan MAX6675 untuk menguatkan keluaran sensor. Selanjutnya nilai adc dari sensor temokopel akan dikonversi menjadi laju dengan satuan liter per menit. Kemudian nilai dari laju produksi brown's gas ditampilkan ke LCD oleh mikrokontroller. Berikut ini adalah blok diagram dari system pengendalian laju produksi *brown's gas.*



Gambar 3.14 Diagram Blok Sistem Pengendalian Laju Produksi *Brown's Gas*

Pada alat ini terdapat potensiometer yang berfungsi mengubah putaran gas menjadi nilai adc yaitu 0-64. Adapun pada alat ini terdapat 4 set point yang diatur dengan potensiometer. Set point pertama adalah 0.2 liter per menit dengan nilai adc sebesar 0-5. set point 2 adalah 0.3 liter per menit dengan nilai adc sebesar 5-12. set point 3 adalah 0.4 liter per menit dengan nilai adc sebesart 12-18. Set point 4 adalah 0.5 liter per menit dengan nilai adc potensiometer lebih dari 18.

3.3.2 Perancangan Rangkaian Pada Mikrokontroller

Pada tugas akhir ini terdapat perancangan rangkaian dari sensor menuju ke mikrokontroler atmega8535

menggunakan modul MAX66755. Tabel 3.1 menunjukan konfigurasi dari sensor termokopel yang memiliki 5 buah pin yaitu vcc, *ground*, MISO, SS, dan SCK. Sensor ini membutuhkan catu daya sebesar 5VDC. Berikut ini adalah konfigurasi sensor, lcd, relay serta led dengan mikrokontroller ATMega8535.

Tabel 3.2 Konfigurasi Pada Atmega8535

Komponen	Konfigurasi	Pin Pada Atmega8535
MAX 6675	VCC	+5 V
	MISO	PINB.6
	SS	PINB.4
	CSK	PINB.7
	GND	GND
LCD	VDD	+5V
	VSS	GND
	RS	PINC.0
	EN	PINC.1
	RW	PINC.2
	D4	PINC.4
	D5	PINC.5
	D6	PINC.6
	D7	PINC.7
POTENSIO	VCC	+5 V
	GND	GND
	Vout	PINA.0
RELAY	R1(12V)	PORTB.0
	R2(9V)	PORTB.3
	R3(6V)	PORTB.2
	R4(3V)	PORTB.1
LED	L1(12V)	PORTD.7
	L2(9V)	PORTD.6
	L3(6V)	PORTD.5
	L4(3V)	PORTD.4

Pengendalian laju produksi brown's gas ini terdapat 5 *set point* yaitu 0.2 l/menit ; 0.35 l/menit ; 0.45 l/menit ; 0.55 l/mnt2); dan 0.7 l/menit yang diaktifkan melalui potensiometer. Saat mikrokontroller membaca *set point* 0.2 liter/menit, dan laju kurang dari 0.2 l/menit, maka *relay* 1 dan *led* 1 menyala. Sedangkan laju lebih dari 0,2 liter/menit maka *relay* dan *led off*. Saat mikrokontroller membaca *set Point* 0.35 liter/menit, dan laju kurang dari 0.35 liter/menit, maka *relay* 1 dan led 1 *on.* Sedangkan laju lebih dari 0.35 liter/menit, maka relay 4 dan led 4 *on.* Saat mikrokontroller membaca *set point* 0.45 liter/menit, dan laju kurang dari 0.45 l/menit, maka *relay* 1 dan *led* 1 menyala. Sedangkan laju lebih dari 0.45 liter/menit, maka *relay* 4 dan *led* 4 *on.* Saat mikrokontroller membaca set point 0.55 liter/menit, dan laju kurang dari 0.55 l/menit, maka *relay* 1 dan *led* 1 menyala. Sedangkan laju lebih dari 0.55 liter/menit, maka *relay* 2 dan *led* 2 *on.* Saat mikrokontroller membaca *set point* 0.7 liter/menit, dan laju kurang dari 0.7 l/menit, maka *relay* 1 dan *led* 1 menyala. Sedangkan laju lebih dari 0.7 liter/menit, maka relay 3 dan led 3 *on.*

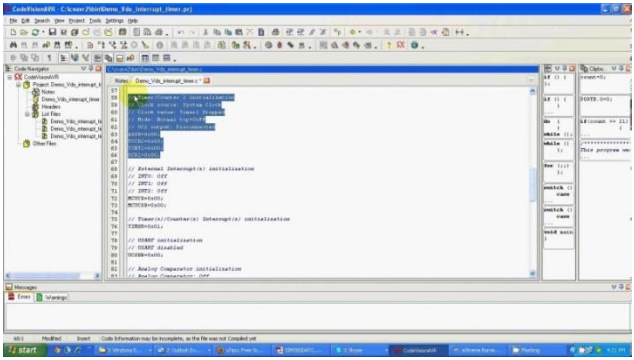
3.4 Perancangan Software

Pada perancangan alat ini terdapat 2 *software* yang masing-masing digunakan untuk membuat program sebelum di *compile* ke mikrokontroller dan digunakan sebagai *compiler* program ke mikrokontroller yaitu *Code Vision* AVR 2.05.0 dan Khazama V 1.7.0.

a. *Code Vision* AVR 2.05.0

Software Code Vision AVR 2.05.0 digunakan untuk membuat listing program yang berisi perintah-perintah guna mengintegrasikan hasil pengukuran ketinggian air pada tempat elektrolisis yang telah diterima dari sensor menuju ke mikrokontroller atmega8535. Selain itu, dapat juga memberikan perintah untuk mengintregasikan mikrokontroller menuju ke *Liquid Cristal Display* 16x2

serta personal computer. Berikut ini adalah tampilan dari *Software Code Vision* AVR 2.05.0



Gambar 3.15 tampilan *Software Code Vision* AVR 2.05.0

b. Khazama V 1.7.0

Software ini digunakan untuk meng-compile listing program yang dibuat pada *code vision* AVR ke mikrokontroller atmega8535. Selain itu, khazama v 1.7.0 juga dapat melakukan pengaturan clock dan proses eksekusi program ke mikrokontroller. Berikut ini adalah tampilah khazama v 1.7.0

Gambar 3.16 Tampilan Software Khazama 1.7.0

3.4 Prosedur Operasional

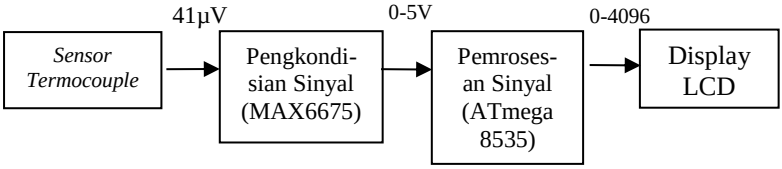
Untuk mengaktifkan *plant* elektrolisis ini perlu diperhatikan tata cara operasionalnya, yaitu sebagai berikut :

1. Pastikan semua sambungan *wiring* rangkaian telah terpasang dengan benar dan sesuai.
2. Pastikan tidak ada kebocoran pada masing – masing bagian
   plant termasuk pada sambungan dan selang – selangnya.
3. Pastikan pemasangan sensor dilakukan dengan baik dan benar.
4. Pastikan sambungan kabel yang terhubung dengan tegangan DC terhubung dengan benar, sesuai dan pastikan tidak ada kabel yang terkelupas.
5. Pastikan apakah *power supply* untuk kontroler dan bagian – bagian lainnya telah terpasang dan terhubung dengan benar.
6. Nyalakan *Ignition Switch* / kontak sepeda motor diaktifkan.
7. Nyalakan saklar pada *panel box*
8. Lihat apakah ada sistem yang terjadi *error*. Jika terjadi *error* maka *off*- kan saklar pada *panel box*.
9. Cek air pada bubler dengan melihat ketinggian air pada generator HHO/*Brown's Gas*. Jika air dalam bubbler habis maka *off*- kan saklar pada *panel box*.
10. Jika makukan *troubleshooting* pastikan saklar pada panel box dan *ignition switch* dalam keadaan *off*

BAB IV
PENGUJIAN DAN ANALISIS DATA

4.1 Pengujian *Sensor Thermocouple* tipe K

Pada tugas akhir rancang bangun system pengendalian laju produksi *brown's gas* menggunakan sensor termokopel tipe K. Sensor termokopel tipe K yang mampu mendeteksi temperature -200 sampai 1280^0C dengan *supply* +5VDC. Namun keluaran *sensor* termokopel sangat kecil sehingga perlu pengkondisian sinyal agar bisa dibaca oleh *microcontroller.*



Gambar 4.1 Diagram Blok Pembacaan *Sensor* Termokopel

Dari gambar 4.1, dapat diketahui keluaran *sensor thermocouple* tipe K sangat kecil yaitu 41µV/^{0}C. Sehingga perlu adanya rangkaian pengkondisian sinyal agar dapat dibaca oleh mikrokontroler, dimana pada alat ini menggunakan modul MAX6675. MAX6675 merupakan rangkaian yang berfungsi sebagai penguat sekaligus rangkaian ADC karena output yang dikeluarkan langsung berupa *DigitalRead*. Sumber tegangan yang digunakan pada pengujian sensor ialah dari ATMega8535 sebesar 5V dan ADC 12 bit dari MAX6675. Berikut ini adalah hasil pengujian Vout pada sensor termokopel tipe K.

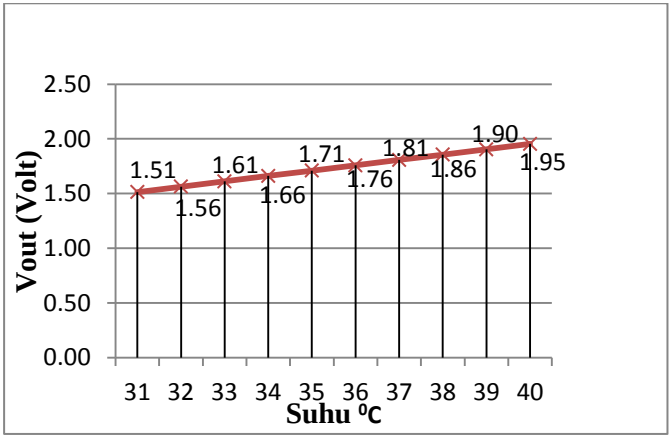
Tabel 4.1 Hasil Pengujian V_{Out} pada *Sensor* Termokopel

No	Suhu (^{0}C)	Vin (Volt)	Vout (Volt)
1	31	5	1.513672
2	32	5	1.5625

3	33	5	1.611328
4	34	5	1.660156
5	35	5	1.708984
6	36	5	1.757813
7	37	5	1.806641
8	38	5	1.855469
9	39	5	1.904297
10	40	5	1.953125

$$\text{Sensitivitas} = \frac{(1.953125-1.513672)V}{(40-31)C}$$
$$= \frac{(0.43945)V}{(9)C}$$
$$= 0.05 \text{ Volt}/^0\text{C}$$

Dari data perhitungan sensitivitas yang diperoleh dari tabel 4.1, didapatkan nilai sensitivitas *sensor* termokopel tipe K adalah sebesar 0.05 Volt/^{0}C



Gambar 4.2 Grafik Pengujian Sensitivitas Suhu *Sensor* Termokopel tipe K terhadap suhu

Berdasarkan gambar 4.2, grafik menunjukkan bahwa keluaran *sensor* termokopel tipe K adalah *linear* terhadap masukan yang berupa suhu. Hal ini dikarenakan *sensor* termokopel merupakan *sensor* yang mempunyai sensitivitas *linear* yang sudah terkalibrasi.

Untuk mengetahui nilai desimal dalam bilangan *biner*, dapat diketahui nilai resolusi *biner* 12 *bit* (4096) terhadap tegangan 0-5 V dengan persamaan (4.1).

$$X = \frac{Y.X_{Max}}{Y_{Max}} \quad \textbf{(4.1)}$$

Keterangan:

X = Nilai *biner* (ADC 12 bit = 4096)

Y = Nilai tegangan yang terukur

X_{max} = Nilai *biner* maksimal ketika digunakan ADC 12 bit

Tabel 4.2 Konversi Nilai *Analog* ke Desimal *Biner* 12 *Bit Sensor* Termokopel tipe K

No	Suhu (^{0}C)	Vout (volt)	Nilai biner
1	31	1.51	1240
2	32	1.56	1280
3	33	1.61	1320
4	34	1.66	1360
5	35	1.71	1400
6	36	1.76	1440
7	37	1.81	1480
8	38	1.86	1520
9	39	1.90	1560
10	40	1.95	1600

Berdasarkan tabel 4.3, didapatkan nilai *biner* dengan menggunakan perhitungan sesuai dengan persamaan (4.2), maka

akan didapatkan nilai *biner* sesuai tabel karena nilai *biner* harus diketahui untuk mengkonversi data pada program. Data *biner* ini merupakan data pada *Analog To Digital Converter* (ADC) yang ada di mikrokontroler ATMega8535 yang kemudian dikonversi ke laju dengan satuan liter/menit. Adapun pengambilan data laju gas dilakukan dengan menggunakan alat ukur rotameter analog dengan satuan liter/menit. Untuk mengkonversi data dan *display* sesuai dengan input maka digunakan persamaan interpolasi. Pada perhitungan interpolasi ini diambil 2 sampel yaitu 0.1 liter/menit dan 0.5 liter/menit, dengan nilai biner 1240 dan 1440.

Tabel 4.3 Data Nilai Interpolasi *Sensor* Termokopel

Laju (liter/menit)	Nilai Terbaca (*Biner*)
0.1 (Y_{min})	1240 (y_{min})
Y	X
0.5 (Y_{max})	1440 (y_{max})

$$\frac{x_{max} - x}{x_{max} - x_{min}} = \frac{Y_{max} - Y}{Y_{max} - Y_{min}}$$

$$\frac{1440 - x}{1440 - 1240} = \frac{0.5 - y}{0.5 - 0.1}$$

$$(1440 - x)\,(0.4) = (0.5 - y)(200)$$

$$250 - 500y = 1440 - x$$

$$y = (x - 1190)/500$$

$$y = \frac{x - 1190}{500}$$

Dari persamaan diatas maka dapat diketahui laju produksi *brown,s gas* pada tabel dibawah ini

Tabel 4.4 Konversi Nilai *Analog* ke Desimal *Biner* 12 *Bit Sensor* Termokopel tipe K ke laju gas

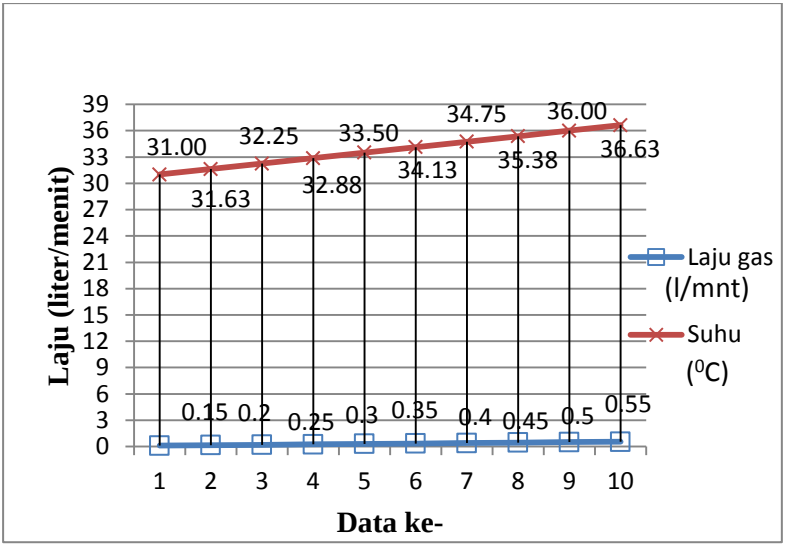
No	Laju gas (l/mnt)	Suhu (^{0}C)	Vout (Volt)	Nilai biner
1	0.1	31.00	1.51	1240
2	0.15	31.63	1.54	1265
3	0.2	32.25	1.57	1290
4	0.25	32.88	1.61	1315
5	0.3	33.50	1.64	1340
6	0.35	34.13	1.67	1365
7	0.4	34.75	1.70	1390
8	0.45	35.38	1.73	1415
9	0.5	36.00	1.76	1440
10	0.55	36.63	1.79	1465

Sensitivitas $= \frac{(1.79-1.51)V}{(0.55-0.1)l/mnt}$

$= \frac{(0.28)V}{(0.45)l/mnt}$

= 0.62 V mnt/l

Dari data perhitungan sensitivitas yang diperoleh dari tabel 4.1, didapatkan nilai sensitivitas *sensor* termokopel tipe K adalah sebesar 0.62 Vmenit/liter



Gambar 4.3 Grafik Pengujian Sensitivitas laju pada *Sensor* Termokopel tipe K

Dari Gambar grafik diatas dapat dilihat bahwa semakin besar nilai laju produksi maka semakin besar temperature. Adapun pada pengujian *sensor thermocouple* tipe K, dilakukan sebanyak dua kali pengujian yaitu pengujian sensor terhadap variabel suhu (^{0}C) dan laju gas (liter/menit).

4.2 **Pengujian Laju Gas pada *Sensor Termocouple* tipe K**

Setelah dilakukan pengujian nilai *temperature* pada *sensor* termokopel tipe K., kemudian dilakukan pengujian nilai laju gas. Pada pengujian nilai laju gas, *sensor thermocouple* dilakukan pembandingan alat dengan alat temperatur yang standar. Adapun alat yang standar adalah yang digunakan adalah rotameter analog. Berikut ini adalah data hasil pembandingan sensor termokopel tipe K dengan alat standar.

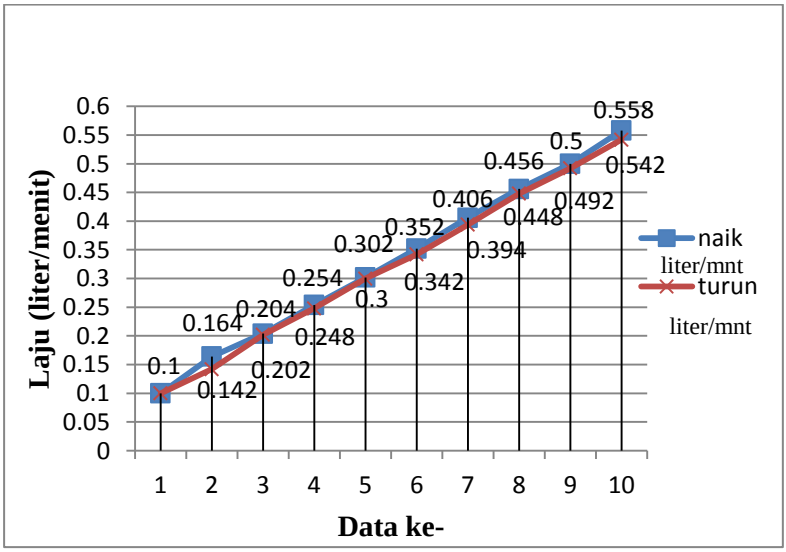
Tabel 4.5 Pengambilan Data Laju Naik

No	laju (l/mnt)	Pembacaan Alat (l/menit)					Rata-Rata (l/mnt)
		1	2	3	4	5	
1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2	0.15	0.16	0.16	0.17	0.17	0.16	0.164
3	0.2	0.2	0.21	0.2	0.2	0.21	0.204
4	0.25	0.25	0.26	0.25	0.25	0.26	0.254
5	0.3	0.3	0.31	0.3	0.3	0.3	0.302
6	0.35	0.36	0.34	0.36	0.36	0.34	0.352
7	0.4	0.4	0.42	0.4	0.41	0.4	0.406
8	0.45	0.45	0.47	0.45	0.46	0.45	0.456
9	0.5	0.5	0.5	0.49	0.51	0.5	0.5
10	0.55	0.55	0.56	0.56	0.56	0.56	0.558
Jumlah	3.25						3.296
Rata-rata	0.325						0.3296

Tabel 4.6 Pengambilan Data Laju Turun

No	laju (l/mnt)	Pembacaan Alat (l/menit)					Rata-Rata (l/mnt)
		1	2	3	4	5	
1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2	0.15	0.15	0.14	0.15	0.13	0.14	0.142
3	0.2	0.2	0.21	0.2	0.2	0.2	0.202
4	0.25	0.25	0.26	0.24	0.24	0.25	0.248
5	0.3	0.3	0.31	0.3	0.3	0.29	0.3
6	0.35	0.36	0.34	0.34	0.34	0.33	0.342
7	0.4	0.4	0.39	0.39	0.4	0.39	0.394
8	0.45	0.45	0.46	0.45	0.44	0.44	0.448
9	0.5	0.5	0.51	0.49	0.49	0.48	0.492
10	0.55	0.55	0.54	0.54	0.55	0.53	0.542
Jumlah	3.25						3.22
Rata-rata	0.325						0.322

Tabel diatas merupakan pengujian sensor termokopel tipe-K dibandingkan dengan rotameter analog. Pengujian dilakukan dengan pembacaan naik dan pembacaan turun dengan set point 0.1 liter/menit sampai 0.55 liter/menit. Sehingga didapatkan grafik dibawah ini



Gambar 4.4 Grafik Pembacaan Naik dan Turun Sensor Termokopel terhadap laju

Dari data diatas selanjutnya dilakukan pengolahan untuk mengetahui karakteristik statik alat pada *sensor thermocouple* tipe K terhadap laju produksi gas (liter/menit).

Tabel 4.7 Pengambilan Data Laju Naik dan Turun pada *Sensor Thermocouple* tipe K

No	Laju (l/mnt)	Data Naik (l/mnt)	Data Turun (l/mnt)	H(I) (l/mnt)	(Pstd-Palat)/ Pstd	Non-Linieritas
1	0.1	0.10	0.10	0	0	0
2	0.15	0.16	0.14	0.0480	0.02	0.0131
3	0.2	0.20	0.20	0.0044	0.015	0.0022

4	0.25	0.25	0.25	0.0131	0.004	0.0013
5	0.3	0.30	0.30	0.0044	0.0033	-0.0016
6	0.35	0.35	0.34	0.0218	-0.0086	-0.0024
7	0.4	0.41	0.39	0.0262	0	0.0007
8	0.45	0.46	0.45	0.0175	0.0044	-0.0002
9	0.5	0.50	0.49	0.0175	-0.008	-0.0071
10	0.55	0.56	0.54	0.0349	0	0
Jumlah		0.30	3.21		0.0302	
Rata-rata		0.33	0.32		0.0030	

Sehingga dihasilkan nilai:

Range : Laju Gas 0.1 – 0.55 liter/menit
Span : Laju 0.45 liter/menit
Resolusi : 0.01
Sensitivitas (K) : 0.62 V mnt/l
Non-linieritas : 2.863%
Histerisis : 10.488%
Akurasi : 96.69%
Kesalahan (*Error*) : 0.3%

Berikut ini hasil perhitungan nilai karakteristik statik laju berdasarkan data pada tabel 4.13:

a. Non – Linieritas

Berdasarkan persamaan 2.3 dan 2.4 maka dihasilkan nilai histerisis sebagai berikut. (Berdasarkan data naik)

Non – Linieritas maksimum per unit

$$K \text{ (sensitifitas)} = \frac{0.56 - 0.10}{0.55 - 0.1} = 1.01778$$

$$a = 0 - (1.01778\ x\ 0.1)$$

$$a = -0.0018$$

Sehingga:

Non – Linieritas maks. Per unit

$$= \frac{0.0131}{0.56-0.1}\ x\ 100\%$$

Non – linieritas = 2.863%

b. Histerisi

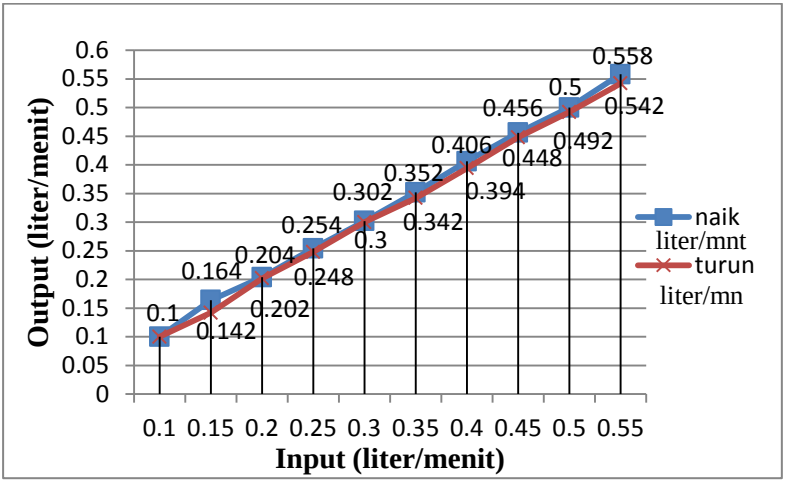
Berdasarkan persamaan 2.5 maka didapatkan maksimum histeris

$$\%\ Maksimum\ histeresis = \frac{0.480}{0.56 - 0.10} x\ 100\%$$

$$\%\ Maksimum\ histeresis = \frac{0.480}{0.46} x\ 100\%$$

$$\%\ Maksimum\ histeresis = 10.488\%$$

Berikut gambar grafik histerisis dari data pengukuran naik dan turun tersebut:



Gambar 4.5 Grafik Histerisis Laju *Sensor* Termokopel

Gambar 4.5 menunjukan grafik histerisis pada *sensor* termokopel , dimana dari grafik tersebut diketahui bahwa histerisis tertinggi terdapat ketika *input* bernilai 0.15 liter/menit. Hal tersebut dikarenakan adanya nilai koreksi antara pembacaan naik dan pembacaan turun sebesar 0.048 liter/menit.

c. Akurasi:
Berdasarkan persamaan 2.1 maka didapatkan akurasi sebagai berikut
$A = 1 - (0.003)x100\%$
$A = 0.99698x100\%$
$A = 96.69\%$

d. *Error*:
Berdasarkan persamaan 2.2 maka didapatkan eror sebesar
$e = 1 - 0.99698$
$e = 0.003x100\% = 0.3\%$

Berikut ini merupakan hasil pengukuran kalibrasi untuk mencari nilai ketidakpastian alat ukur.

A. Nilai Ketidakpastian untuk *Sensor* Termokopel tipe K

Tabel 4.8 Data Kalibrasi Laju pada *Sensor* Termokopel (A)

No	Pembacaan Standar,Xi (l/mnt)	Pembacaan Alat		Rata-rata (l/mnt)	Koreksi,Yi (l/mnt)
		Naik (l/mnt)	Turun (l/mnt)		
1	0.1	0.10	0.10	0.1	0
2	0.15	0.16	0.14	0.153	-0.003
3	0.2	0.20	0.20	0.203	-0.003
4	0.25	0.25	0.25	0.251	-0.001
5	0.3	0.30	0.30	0.301	-0.001
6	0.35	0.35	0.34	0.347	0.003
7	0.4	0.41	0.39	0.4	0
8	0.45	0.46	0.45	0.452	-0.002
9	0.5	0.50	0.49	0.496	0.004
10	0.55	0.56	0.54	0.55	0
Jumlah	3.25	3.296	3.21		-0.003
Rata-rata	0.325	0.3296	0.321		-0.0003

Tabel 4.9 Data Kalibrasi Laju pada *Sensor* Termokopel (B)

No	**Xi (l/mnt)**	**Xi^2**	**Yi-Y'**	**$(Yi-Y')^2$**	**XiYi**
1	0.1	0.0100	0.0003	$9x\ 10^{-8}$	0
2	0.15	0.0225	-0.0027	$7.29x10^{-6}$	-0.00045
3	0.2	0.0400	-0.0027	7.29E-06	-0.0006
4	0.25	0.0625	-0.0007	$4.9x10^{-7}$	-0.00025
5	0.3	0.0900	-0.0007	$4.9x10^{-7}$	-0.0003
6	0.35	0.1225	0.0033	$1.09x10^{-5}$	0.00105
7	0.4	0.1600	0.0003	$9x10^{-8}$	0
8	0.45	0.2025	-0.0017	$2.8x10^{-6}$	-0.0009
9	0.5	0.2500	0.0043	$1.85x10^{-5}$	0.002
10	0.55	0.3025	0.0003	$9x10^{-8}$	0
Jumlah	3.25	1.2625		$4.81x10^{-5}$	0.00055
Rata-rata	0.325	0.2295		$4.81x10^{-6}$	$5.5x10^{-5}$

Tabel 4.10 Data Kalibrasi Laju pada *Sensor* Termokopel (C)

No	Pembacaan Standar,Xi (l/mnt)	Yregresi	Residu (R)	R^2 (SR)
1	0.1	0.0028	0.0028	$8.0794x10^{-6}$
2	0.15	0.0032	0.0062	$3.859x10^{-5}$
3	0.2	0.0036	0.0066	$4.332x10^{-5}$
4	0.25	0.0040	0.0050	$2.4518x10^{-5}$
5	0.3	0.0043	0.0053	$2.8315x10^{-5}$
6	0.35	0.0047	0.0017	$2.8592x10^{-6}$
7	0.4	0.0051	0.0051	$2.561x10^{-5}$
8	0.45	0.0054	0.0074	$5.521x10^{-5}$
9	0.5	0.0058	0.0018	$3.24x10^{-6}$
10	0.55	0.0062	0.0062	$3.8065x10^{-5}$
Jumlah	3.25			0.00027
Rata-rata	0.325			$2.6781x10^{-5}$

a. Nilai Ketidakpastian *Type* A:
Berdasarkan persamaan 2.6 dan 2.7 makaa didapatkan nilai standar deviasi dan ketidak pastian pengukuran

$\sigma = 0.0077$

Sehingga nilai ketidakpastian hasil pengukuran:

$$\boldsymbol{U_{a1}} = \frac{0.0077}{\sqrt{10}} = \mathbf{0.00024}$$

Sedangkan nilai ketidakpastian regresi didapatkan dengan persamaan 2.8
Dengan nilai a dan b sebagai berikut

$$\boldsymbol{b} = \frac{(0.0055) - (-0.0098)}{(12.625) - (10.5625)} = 0.00739$$

Sehingga nilai:

$a = (-0.0003) + (0.00739\ x\ 0.325)$
$\boldsymbol{a} = \mathbf{0.0021}$

Sehingga, persamaan regresi menjadi:

$$\boldsymbol{Yreg} = (\mathbf{0.0021}) + (\boldsymbol{xi}\ x\ (\mathbf{0.00739}))$$

Yang menghasilkan nilai **SSR = 0,000267806**

$$\boldsymbol{U_{a2}} = \sqrt{\frac{0.000267806}{10 - 2}} = \mathbf{0.00579}$$

b. Nilai Ketidakpastian *Type* B :
Pada tipe ini terdapat 2 parameter ketidakpastian, yaitu ketidakpastian Resolusi (U_{b1}) dan Ketidakpastian alat standar *pressure gauge* (U_{b2}). Dengan perhitungan sebagai berikut:

$\mathbf{U_{b1}} = \frac{\frac{1}{2}x\ 0.01}{\sqrt{3}} = \mathbf{0{,}00289}$

$\mathbf{U_{b2}} = \frac{a}{k}$, dikarenakan pada alat standar tidak ada sertifikat kalibrasinya maka nilai a (ketidakpastian sertifikat kalibrasi) dianggap mendekati 0, dan nilai faktor cakupan dianggap 2,0. Sehingga hasil : $\mathbf{U_{b2}} = \mathbf{0}$

b. Nilai ketidakpastian kombinasi U_c:

Berdasarkan persamaan 2.16 maka didapatkan ketidakpastian kombinasi (Uc)

$U_c = \sqrt{0{,}00024^2 + 0{,}00579^2 + 0{,}00289^2 + 0^2}$

$U_c = 0{,}00648$

Dengan kondisi V atau derajat kebebasan dari kedua tipe ketidakpastian, sebagai berikut :

V1 = 9; V2 = 9; V3 = ∞; V4 = 60 (berdasarkan table *T-Student*)

Dengan nilai Veff (Nilai derajat kebebasan effektif) sebagai berikut :

$$Veff = \frac{(0.00648)^4}{(0.00024)^4/_9 + (0.00579)^4/_9 + (0{,}28)^4/_\infty + (0)^4/_{60}}$$

Veff = 14.0817105, sehingga dibulatkan menjadi 14. Dimana pada table *T-student* menghasilkan nilai k (faktor koreksi) sebesar 2,14. Oleh karena itu, hasil nilai ketidakpastian diperluang sebesar :

$\boldsymbol{U_{exp}} = 2{,}14\ x\ 0.00648 = \mathbf{0{,}013857851}$

Sehingga berdasarkan perhitungan ketidakpastian diperluas di atas menghasilkan nilai ketidakpastian alat sebesar ±0,01386 dengan tingkat kepercayaan 95% dari tabel *T-Student*. Nilai ketidakpastian tersebut akan menjadi acuan pembacaan alat ukur selama alat ukur tersebut digunakan. Dari nilai ketidakpastian diperluas tersebut, didapatkan bahwa alat masih layak digunakan karena tidak melebihi nilai 5%.

4.3 Pengujian Nilai Potensiometer

Pengujian nilai pada potensiometer dilakukan dengan mengambil 2 data yaitu putaran min dan putaran max. adapaun putaran min, nilai biner yang terbaca adalah 173. Sedangkan pada nilai max, nilai biner yang terbaca adalah 246. Dari data tersebut dilakukan interpolasi untuk mengetahui nilia biner setiap penambahan kecepatan (km/jam).

Tabel 4.11 Data Nilai Interpolasi Potensiometer

Kecepatan (km/jam)	Nilai Terbaca (*Biner*)
0 (Y_{min})	173 (y_{min})
Y	X
140 (Y_{max})	246 (y_{max})

$$\frac{x_{max} - x}{x_{max} - x_{min}} = \frac{Ymax - Y}{Ymax - Ymin}$$

$$\frac{246 - x}{246 - 173} = \frac{140 - y}{140 - 0}$$

$$(246 - x)\,(140) = (140 - y)(73)$$

$$y + 331.781 = 1.9178x$$

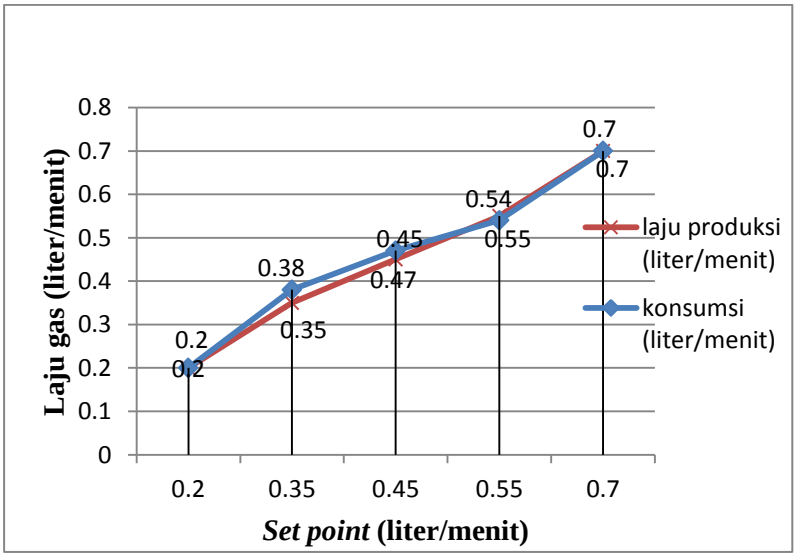
$$x = \frac{y + 331.781}{1.9178}$$

Tabel 4.12 Konversi kecepatan ke nilai biner pada Potensiometer

Kecepatan (km/jam)	Nilai biner	Pembulatan nilai biner
0	173.0008	173
5	175.608	176
10	178.2151	178
15	180.8223	181
20	183.4295	183
25	186.0366	186
30	188.6438	189
35	191.2509	191
40	193.8581	194
45	196.4652	196
50	199.0724	199
55	201.6795	202
60	204.2867	204
65	206.8938	207
70	209.501	210
75	212.1081	212
80	214.7153	215
85	217.3225	217
90	219.9296	220
95	222.5368	223
100	225.1439	225
105	227.7511	228
110	230.3582	230
115	232.9654	233
120	235.5725	236
125	238.1797	238
130	240.7868	241

135	243.394	243
140	246.0011	246

Berdasarkan tabel 4.12 ditentukan lima set point berdasarkan putaran gas yang dikonversi ke nilai adc yaitu saat nilai adc kurang dari 176 maka *set point* laju produksi sebesar 0.20 liter/menit. Saat adc bernilai 176 sampai dengan 183, maka *set point* laju produksi sebesar 0.35 liter/menit. Saat adc bernilai 183 sampai dengan 194, maka *set point* laju produksi sebesar 0.45 liter/menit. Saat adc bernilai 194 sampai dengan 204, maka *set point* laju produksi sebesar 0.55 liter/menit. Saat adc bernilai lebih dari 204, maka *set point* laju produksi sebesar 0.7 liter/menit. Berikut ini merupakan grafik perbandingan laju produksi gas HHO dengan konsumsi gas saat set point tertentu.



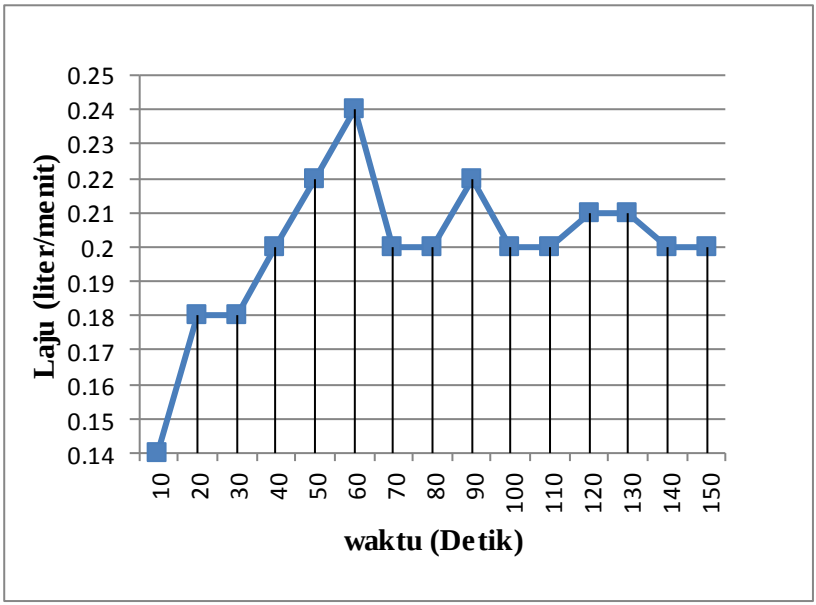
Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Produksi Gas HHO dan konsumsi gas HHO

4.4 Pengambilan Data Respon Sistem

Pada pengambilan data didapatkan grafik yang menggambarkan respon sistem untuk mencapai *set point*. Terdapat 5 macam nilai *set point* yaitu pada laju produksi yaitu 0.2 liter/menit, 0.35 liter/menit, 0.45 liter/menit, 0.55 liter/menit, dan 0.70 liter/menit.

Tabel 4.13 Data Respon Sistem Dengan *Set point* 0.2 liter/menit

Waktu (Detik)	**Laju (l/mnt)**	**Laju (l/mnt)**
10	0.14	0.2
20	0.18	0.2
30	0.18	0.2
40	0.2	0.2
50	0.22	0.2
60	0.24	0.2
70	0.2	0.2
80	0.2	0.2
90	0.22	0.2
100	0.2	0.2
110	0.2	0.2
120	0.21	0.2
130	0.21	0.2
140	0.2	0.2
150	0.2	0.2



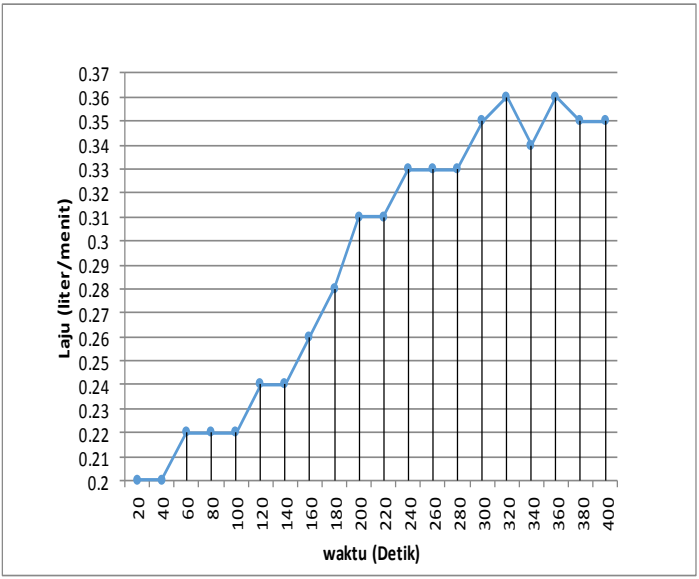
Gambar 4.7 Grafik Respon pada set point 0.2 liter/menit

Pada grafik yang ditunjukkan pada gambar 4.7 didapatkan nilai *rise time* (Tr) 40 detik, *peak time* (Tp) 60 detik, dan *settling time* 100 detik *error steady state* 5%.

Tabel 4.14 Data Respon Sistem Dengan Set point 0.35 liter/menit

Waktu (Detik)	Laju (l/mnt)	Laju (l/mnt)
20	0.2	0.35
40	0.2	0.35
60	0.22	0.35
80	0.22	0.35
100	0.22	0.35
120	0.24	0.35
140	0.24	0.35

160	0.26	0.35
180	0.28	0.35
200	0.31	0.35
220	0.31	0.35
240	0.33	0.35
260	0.33	0.35
280	0.33	0.35
300	0.35	0.35
320	0.36	0.35
340	0.34	0.35
360	0.36	0.35
380	0.35	0.35
400	0.35	035

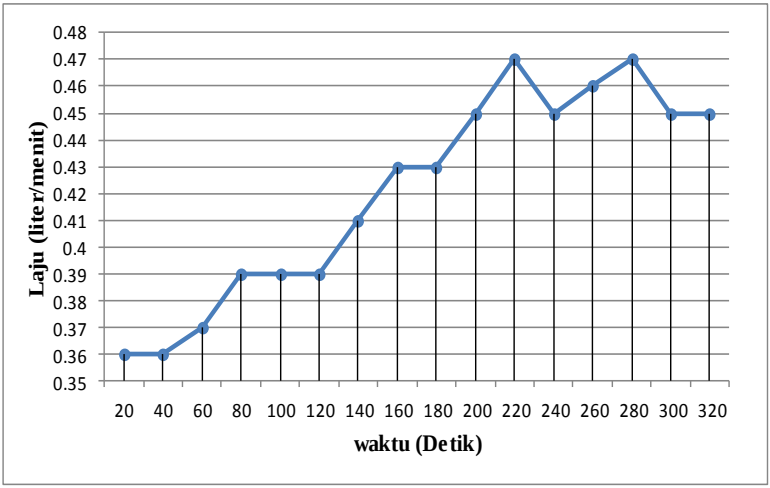


Gambar 4.8 Grafik Respon pada set point 0.35 liter/menit

Pada grafik yang ditunjukkan pada gambar 4.8 didapatkan nilai *rise time* (Tr) 300 detik, *peak time* (Tp) 320 detik, dan waktu *steady* 380 detik *error steady state* 2,8%.

Tabel 4.15 Data Respon Sistem Dengan *Set point* 0.45 liter/menit

Waktu (Detik)	**Laju (l/mnt)**	**Laju (l/mnt)**
20	0.36	0.45
40	0.36	0.45
60	0.37	0.45
80	0.37	0.45
100	0.39	0.45
120	0.39	0.45
140	0.41	0.45
160	0.43	0.45
180	0.43	0.45
200	0.45	0.45
220	0.47	0.45
240	0.45	0.45
260	0.46	0.45
280	0.47	0.45
300	0.45	0.45
320	0.45	0.45



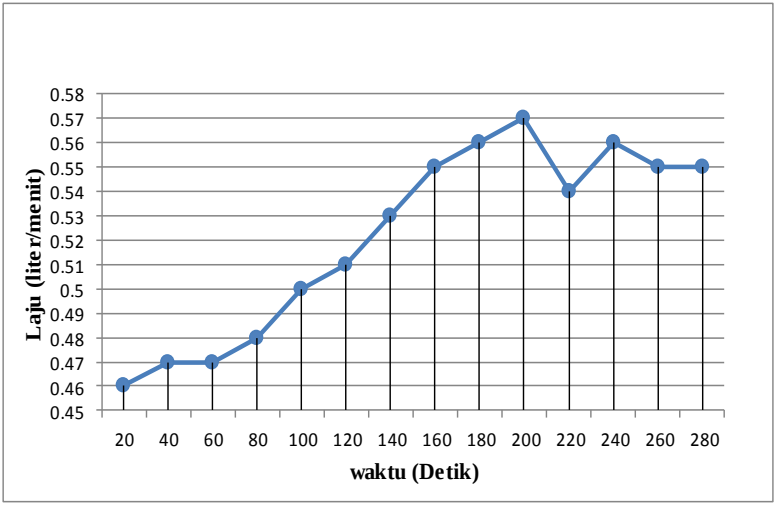
Gambar 4.9 Grafik Respon pada set point 0.45 liter/menit

Pada grafik yang ditunjukkan pada gambar 4.9 didapatkan nilai *rise time* (Tr) 200 detik, *peak time* (Tp) 220 detik, dan waktu *steady* 300 detik, *error steady state* 3,3%

Tabel 4.16 Data Respon Sistem Dengan *Set point* 0.55 liter/menit

Waktu (Detik)	Laju (l/mnt)	Laju (l/mnt)
20	0.46	0.55
40	0.47	0.55
60	0.47	0.55
80	0.48	0.55
100	0.5	0.55
120	0.51	0.55
140	0.53	0.55
160	0.55	0.55
180	0.56	0.55

200	0.57	0.55
220	0.54	0.55
240	0.56	0.55
260	0.55	0.55
280	0.55	0.55



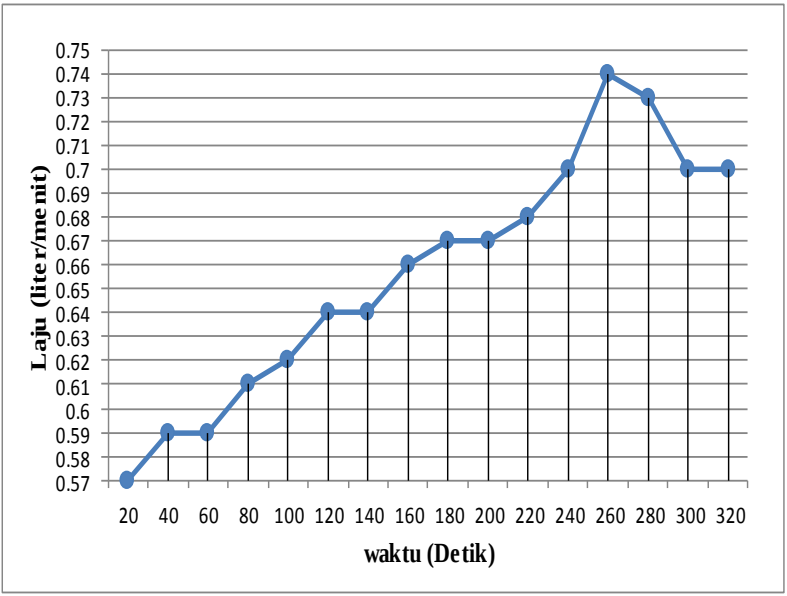
Gambar 4.10 Grafik Respon pada set point 0.55 liter/menit

Pada grafik yang ditunjukkan pada gambar 4.10 didapatkan nilai *rise time* (Tr) 160 detik, *peak time* (Tp) 180 detik, dan waktu *settling time* 260 detik. *error steady state* 2,3%

Tabel 4.17 Data Respon Sistem Dengan Set point 0.7 liter/menit

Waktu (Detik)	**Laju (l/mnt)**	**Laju (l/mnt)**
20	0.57	0.7
40	0.59	0.7
60	0.59	0.7
80	0.61	0.7

100	0.62	0.7
120	0.64	0.7
140	0.64	0.7
160	0.66	0.7
180	0.67	0.7
200	0.67	0.7
220	0.68	0.7
240	0.7	0.7
260	0.74	0.7
280	0.73	0.7
300	0.7	0.7
320	0.7	0.7



Gambar 4.11 Grafik Respon pada set point 0.7 liter/menit

Pada grafik yang ditunjukkan pada gambar 4.11 didapatkan nilai *rise time* (Tr) 240 detik, *peak time* (Tp) 260 detik, dan *settling time* 300 detik. *error steady state* 4,28%.

Tabel 4.18 Respon Sistem

Set Point (Liter/menit)	Tr (detik)	Ts (detik)	Mp (detik)	Ess (%)
0,2	40	100	60	5%
0,35	300	280	320	2,8%
0,45	200	300	220	3,3%
0,55	160	260	200	2,3%
0,7	240	300	260	4,28%

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pada hasil penelitian tugas akhir yang sudah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Telah dibuat rancang bangun pengendalian laju produksi pada *Brown's gas* dengan menggunakan sensor termokopel tipe K berbasis mikrokontroler ATMega8535.
2. Laju produksi telah dijaga nilainya dengan *respon control* melalui beberapa *set point*. *Set point* 0,2 liter/menit didapatkan *settling time* 100 detik, *error steady state* sebesar 5%; *set point* 0,35 liter/menit, *settling time* 280 detik, *error steady state* sebesar 2,8%; *set point* 0,45 liter/menit didapatkan *settling time* 300 detik, *error steady state* sebesar 3,3%; *set point* 0,55 liter/menit, *settling time* 260 detik, *error steady state* sebesar 2,3%; *set point* 0,7 liter/menit, *settling time* 300 detik, *error steady state* sebesar 4,8%.

5.2 Saran

Saran yang diberikan untuk dilakukan penelitian selanjutnya yaitu:

1. Alat ini dapat disempurnakan denan menambahkan *Safety Instrumented System* (SIS) agar *plant* lebih terproteksi keamanannya.
2. Dipasang / dimonitor laju produksi gas HHO dan laju output gas HHO

DAFTAR PUSTAKA

[1] Abdurrakhman, A., Guntur, H. L. 2010. "Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Tegangan Listrik, Konsentrasi Katalis dan Temperatur Terhadap Optimalisasi Sistem Elektrolisis *Brown's Gas*". Teknik Mesin, FTI, ITS, Surabaya.

[2] Agni, Brillyano 2012, "Studi Ekperimen Pengaruh Pencampuran Gas Hidrogen dari Generator HHO Tipe Kering dengan Bahan Bakar Kerosene Pada Distribusi Temperatur Nyakla Api Kompor Tekan Blowtorch", Tugas Akhir, Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

[3] Libesti, Noveri. "Data Logger Sensor Suhu Berbasis Mikrokontroler ATmega 8535 dengan PC sebagai Tampilan". Pekanbaru: Universitas Riau

[4] Supriyadi, Mukh Yasin Nur. 2014. Modul I Pengenalan Mikrokontroler AVR ATMega8535, Bandung : Laboratorium *Hardware* Program Studi Teknik Komputer FMIPA UNPAD.

[5] Laboratorium Pengukuran Fisis. 2013. Modul Teknik Pengukuran dan Kalibrasi. Teknik Fisika, FFI-ITS, Surabaya.

[6] Elinur, D. S. Priyarsono, Tambunan M, Firdaus M. 2010. "Perkembangan Konsumsi dan Penyediaan Energi dalam Perekonomian Indonesia". *Indonesian Journal of Agricultural Economics*, Vol.2 No.1, ISSN 2087 – 409X. Hal 97 – 119, Bogor.

[7] Bentley, John P. Principles of Measurement Systems – 4th edition. London : Pearson Education Limited

[8] Mariana, D. 2005. Dunia Elektronika Dan Mikrokontroler. http://www.duniaelektronikadanmikrokontroler.com. Diakses pada tanggal 20 Mei 2017.

[9] Gunterus, F. 1994. Falsafah Dasar : Sistem Pengendalian Proses. Elex media Komputindo, Jakarta.

LAMPIRAN A
(*DATA SHEET MAX6675*)

19-2235; Rev 1; 3/02

MAXIM

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

MAX6675

General Description

The MAX6675 performs cold-junction compensation and digitizes the signal from a type-K thermocouple. The data is output in a 12-bit resolution, SPI™-compatible, read-only format.

This converter resolves temperatures to 0.25°C, allows readings as high as +1024°C, and exhibits thermocouple accuracy of 8LSBs for temperatures ranging from 0°C to +700°C.

The MAX6675 is available in a small, 8-pin SO package.

Features

- Direct Digital Conversion of Type -K Thermocouple Output
- Cold-Junction Compensation
- Simple SPI-Compatible Serial Interface
- 12-Bit, 0.25°C Resolution
- Open Thermocouple Detection

Ordering Information

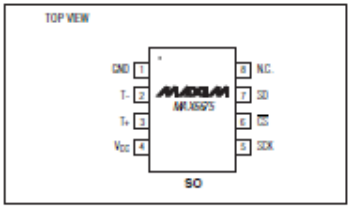
PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX6675ISA	-20°C to +85°C	8 SO

Applications

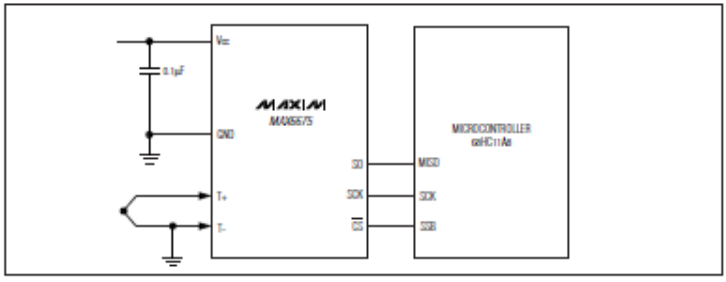
Industrial
Appliances
HVAC
Automotive

SPI is a trademark of Motorola, Inc.

Pin Configuration



Typical Application Circuit



For pricing, delivery, and ordering information, please contact Maxim/Dallas Direct! at 1-888-629-4642, or visit Maxim's website at www.maxim-ic.com.

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply Voltage (V_{CC} to GND) ..... -0.3V to +6V
SO, SCK, $\overline{CS}$, T-, T+ to GND ..... -0.3V to V_{CC} + 0.3V
SO Current 50mA
ESD Protection (Human Body Model) ..... ±2000V
Continuous Power Dissipation (T_A = +70°C)
8-Pin SO (derate 5.88mW/°C above +70°C) 471mW
Operating Temperature Range ..... -20°C to +85°C
Storage Temperature Range ..... -85°C to +150°C
Junction Temperature ..... +150°C
SO Package
Vapor Phase (60s) ..... +215°C
Infrared (15s) ..... +220°C
Lead Temperature (soldering, 10s) ..... +300°C

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V_{CC} = +3.0V to +5.5V, T_A = -20°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values specified at +25°C.) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Temperature Error		$T_{THERMOCOUPLE}$ = +700°C, T_A = +25°C (Note 2)	V_{CC} = +3.3V	-5		+5	LSB
			V_{CC} = +5V	-6		+6	
		$T_{THERMOCOUPLE}$ = 0°C to +700°C, T_A = +25°C (Note 2)	V_{CC} = +3.3V	-8		+8	
			V_{CC} = +5V	-9		+9	
		$T_{THERMOCOUPLE}$ = +700°C to +1000°C, T_A = +25°C (Note 2)	V_{CC} = +3.3V	-17		+17	
			V_{CC} = +5V	-19		+19	
Thermocouple Conversion Constant					10.25		µV/LSB
Cold-Junction Compensation Error		T_A = -20°C to +85°C (Note 2)	V_{CC} = +3.3V	-3.0		+3.0	°C
			V_{CC} = +5V	-3.0		+3.0	
Resolution					0.25		°C
Thermocouple Input Impedance					60		kΩ
Supply Voltage	V_{CC}			3.0		5.5	V
Supply Current	I_{CC}				0.7	1.5	mA
Power-On Reset Threshold		V_{CC} rising		1	2	2.5	V
Power-On Reset Hysteresis					50		mV
Conversion Time		(Note 2)			0.17	0.22	s
SERIAL INTERFACE							
Input Low Voltage	V_{IL}					0.3 x V_{CC}	V
Input High Voltage	V_{IH}			0.7 x V_{CC}			V
Input Leakage Current	I_{LEAK}	V_{IN} = GND or V_{CC}				±5	µA
Input Capacitance	C_{IN}				5		pF

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

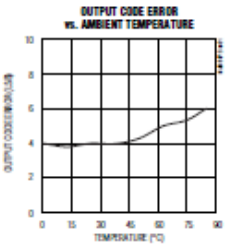
(V_{CC} = +3.0V to +5.5V, T_A = -20°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values specified at +25°C.) (Note 1)

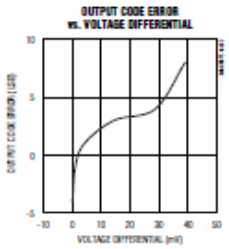
PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Output High Voltage	V_{OH}	I_{SOURCE} = 1.6mA	V_{CC} - 0.4			V
Output Low Voltage	V_{OL}	I_{SINK} = 1.6mA			0.4	V
TIMING						
Serial Clock Frequency	f_{SCL}				4.3	MHz
SCK Pulse High Width	t_{CH}		100			ns
SCK Pulse Low Width	t_{CL}		100			ns
CSB Fall to SCK Rise	t_{CSS}	C_L = 10pF	100			ns
CSB Fall to Output Enable	t_{DV}	C_L = 10pF			100	ns
CSB Rise to Output Disable	t_{TR}	C_L = 10pF			100	ns
SCK Fall to Output Data Valid	t_{DO}	C_L = 10pF			100	ns

Note 1: All specifications are 100% tested at T_A = +25°C. Specification limits over temperature (T_A = T_{MIN} to T_{MAX}) are guaranteed by design and characterization, not production tested.
Note 2: Guaranteed by design. Not production tested.

Typical Operating Characteristics

(V_{CC} = +3.3V, T_A = +25°C, unless otherwise noted.)





Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

Pin Description

PIN	NAME	FUNCTION
1	GND	Ground
2	T-	Alumel Lead of Type-K Thermocouple. Should be connected to ground externally.
3	T+	Chromel Lead of Type-K Thermocouple
4	V_{CC}	Positive Supply. Bypass with a 0.1µF capacitor to GND.
5	SCK	Serial Clock Input
6	$\overline{CS}$	Chip Select. Set $\overline{CS}$ low to enable the serial interface.
7	SO	Serial Data Output
8	N.C.	No Connection

Detailed Description

The MAX6675 is a sophisticated thermocouple-to-digital converter with a built-in 12-bit analog-to-digital converter (ADC). The MAX6675 also contains cold-junction compensation sensing and correction, a digital controller, an SPI-compatible interface, and associated control logic.

The MAX6675 is designed to work in conjunction with an external microcontroller (µC) or other intelligence in thermostatic, process-control, or monitoring applications.

Temperature Conversion

The MAX6675 includes signal-conditioning hardware to convert the thermocouple's signal into a voltage compatible with the input channels of the ADC. The T+ and T- inputs connect to internal circuitry that reduces the introduction of noise errors from the thermocouple wires.

Before converting the thermoelectric voltages into equivalent temperature values, it is necessary to compensate for the difference between the thermocouple cold-junction side (MAX6675 ambient temperature) and a 0°C virtual reference. For a type-K thermocouple, the voltage changes by 41µV/°C, which approximates the thermocouple characteristic with the following linear equation:

$$V_{OUT} = (41\mu V / °C) \times (T_R - T_{AMB})$$

Where:

V_{OUT} is the thermocouple output voltage (µV).

T_R is the temperature of the remote thermocouple junction (°C).

T_{AMB} is the ambient temperature (°C).

Cold-Junction Compensation

The function of the thermocouple is to sense a difference in temperature between two ends of the thermocouple wires. The thermocouple's hot junction can be read from 0°C to +1023.75°C. The cold end (ambient temperature of the board on which the MAX6675 is mounted) can only range from -20°C to +85°C. While the temperature at the cold end fluctuates, the MAX6675 continues to accurately sense the temperature difference at the opposite end.

The MAX6675 senses and corrects for the changes in the ambient temperature with cold-junction compensation. The device converts the ambient temperature reading into a voltage using a temperature-sensing diode. To make the actual thermocouple temperature measurement, the MAX6675 measures the voltage from the thermocouple's output and from the sensing diode. The device's internal circuitry passes the diode's voltage (sensing ambient temperature) and thermocouple voltage (sensing remote temperature minus ambient temperature) to the conversion function stored in the ADC to calculate the thermocouple's hot-junction temperature.

Optimal performance from the MAX6675 is achieved when the thermocouple cold junction and the MAX6675 are at the same temperature. Avoid placing heat-generating devices or components near the MAX6675 because this may produce cold-junction-related errors.

Digitization

The ADC adds the cold-junction diode measurement with the amplified thermocouple voltage and reads out the 12-bit result onto the SO pin. A sequence of all zeros means the thermocouple reading is 0°C. A sequence of all ones means the thermocouple reading is +1023.75°C.

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

Applications Information

Serial Interface

The *Typical Application Circuit* shows the MAX6675 interfaced with a microcontroller. In this example, the MAX6675 processes the reading from the thermocouple and transmits the data through a serial interface. Force $\overline{CS}$ low and apply a clock signal at SCK to read the results at SO. Forcing $\overline{CS}$ low immediately stops any conversion process. Initiate a new conversion process by forcing $\overline{CS}$ high.

Force $\overline{CS}$ low to output the first bit on the SO pin. A complete serial interface read requires 16 clock cycles. Read the 16 output bits on the falling edge of the clock. The first bit, D15, is a dummy sign bit and is always zero. Bits D14–D3 contain the converted temperature in the order of MSB to LSB. Bit D2 is normally low and goes high when the thermocouple input is open. D1 is low to provide a device ID for the MAX6675 and bit D0 is three-state.

Figure 1a is the serial interface protocol and Figure 1b shows the serial interface timing. Figure 2 is the SO output.

Open Thermocouple

Bit D2 is normally low and goes high if the thermocouple input is open. In order to allow the operation of the open thermocouple detector, T- must be grounded. Make the ground connection as close to the GND pin as possible.

Noise Considerations

The accuracy of the MAX6675 is susceptible to power-supply coupled noise. The effects of power-supply noise can be minimized by placing a 0.1µF ceramic bypass capacitor close to the supply pin of the device.

Thermal Considerations

Self-heating degrades the temperature measurement accuracy of the MAX6675 in some applications. The magnitude of the temperature errors depends on the thermal conductivity of the MAX6675 package, the mounting technique, and the effects of airflow. Use a large ground plane to improve the temperature measurement accuracy of the MAX6675.

The accuracy of a thermocouple system can also be improved by following these precautions:

- Use the largest wire possible that does not shunt heat away from the measurement area.
- If small wire is required, use it only in the region of the measurement and use extension wire for the region with no temperature gradient.
- Avoid mechanical stress and vibration, which could strain the wires.
- When using long thermocouple wires, use a twisted-pair extension wire.
- Avoid steep temperature gradients.
- Try to use the thermocouple wire well within its temperature rating.
- Use the proper sheathing material in hostile environments to protect the thermocouple wire.
- Use extension wire only at low temperatures and only in regions of small gradients.
- Keep an event log and a continuous record of thermocouple resistance.

Reducing Effects of Pick-Up Noise

The input amplifier (A1) is a low-noise amplifier designed to enable high-precision input sensing. Keep the thermocouple and connecting wires away from electrical noise sources.

Chip Information

TRANSISTOR COUNT: 6720

PROCESS: BiCMOS

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

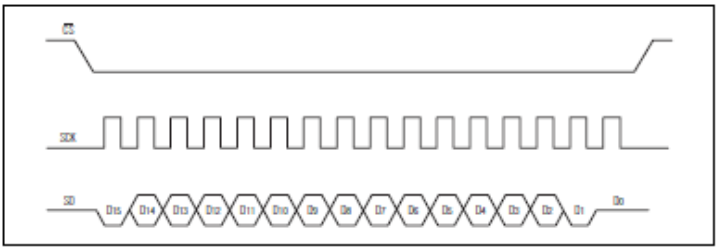


Figure 1a. Serial Interface Protocol

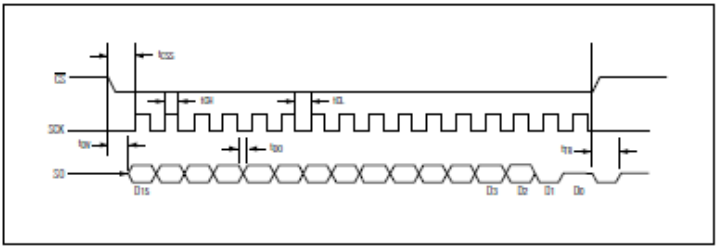


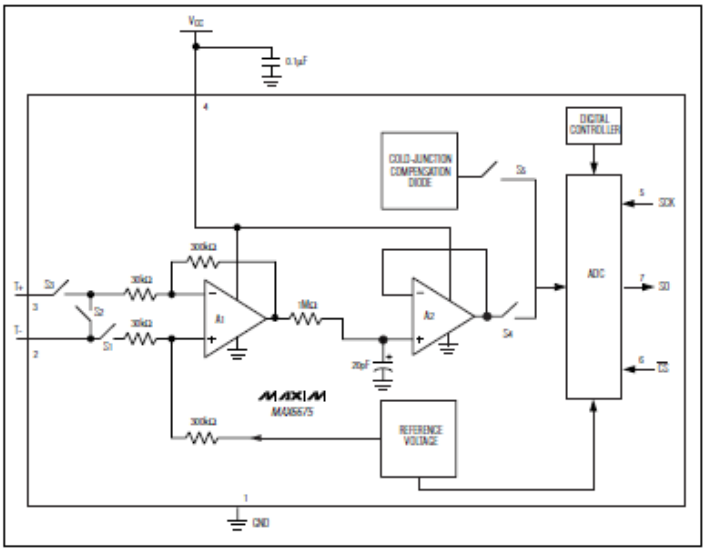
Figure 1b. Serial Interface Timing

BIT	DUMMY SIGN BIT	12-BIT TEMPERATURE READING												THERMOCOUPLE INPUT	DEVICE ID	STATE
Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
	0	MSB											LSB		0	Three-state

Figure 2. SO Output

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

Block Diagram



LAMPIRAN B
(*DATA SHEET ATMEGA8535*)

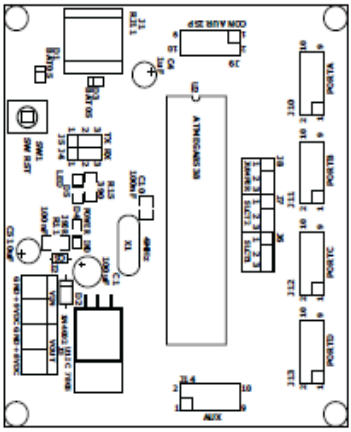
DT-AVR
LOW COST MICRO SYSTEM

DT-AVR Low Cost Micro System merupakan sebuah modul single chip dengan basis mikrokontroler AVR® dan memiliki kemampuan untuk melakukan komunikasi data serial secara UART RS-232 serta pemrograman memori melalui ISP (In-System Programming). Modul ini cocok untuk aplikasi – aplikasi sederhana hingga menengah. Contoh aplikasinya adalah pengendali tampilan LED, pengendali driver motor, voltmeter digital, komunikasi data antara modul dengan PC, dll.

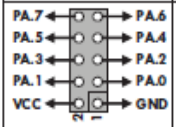
Spesifikasi Hardware

1. Mikrokontroler ATmega8535 yang mempunyai 8 KB Flash Memory dan 8 channel ADC dengan resolusi 10 bit.
2. Mendukung varian AVR® 40 pin, antara lain: ATmega8535, ATmega8515, AT90S8515, AT90S8535, dll. Untuk tipe AVR tanpa internal ADC membutuhkan **Conversion socket.**
3. Memiliki jalur Input/Output hingga 35 pin.
4. Terdapat Eksternal Brown Out Detector sebagai rangkaian reset.
5. Konfigurasi jumper untuk melakukan pemilihan beberapa model pengambilan tegangan referensi untuk tipe AVR® dengan Internal ADC.
6. LED Programming Indicator.
7. Frekuensi Osilator sebesar 4MHz.
8. Tersedia jalur komunikasi serial UART RS-232 dengan konektor RJ11.
9. Tersedia Port untuk Pemrograman secara ISP.
10. Tegangan Input Power Supply 9 – 12 VDC dan output tegangan 5 VDC.

Tata Letak dan Konfigurasi Jumper

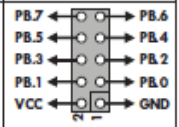


Alokasi Pin J10



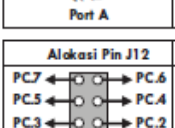
Port A

Alokasi Pin J11



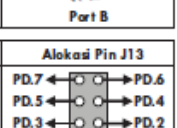
Port B

Alokasi Pin J12



Port C

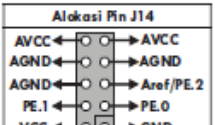
Alokasi Pin J13



Port D

* Apabila menggunakan komunikasi serial UART RS-232 pada modul, maka PD.1 dan PD.0 tidak dapat digunakan sebagai digital I/O.

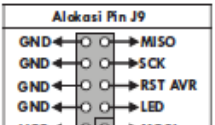
Alokasi Pin J14



AUX

Untuk pemrogram secara ISP (In-System Programming) konfigurasinya dapat dilihat pada gambar berikut :

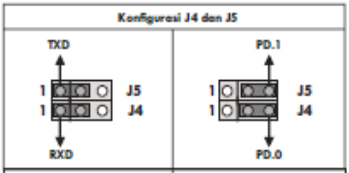
Alokasi Pin J9



ISP HEADER

Bila ingin menggunakan komunikasi serial, J4 dan J5 harus dikonfigurasikan seperti berikut :

Konfigurasi J4 dan J5

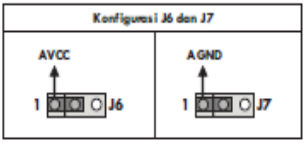


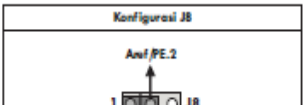
Konfigurasi Jumper bila PD.0 dan PD.1 digunakan untuk komunikasi serial UART RS-232	Konfigurasi Jumper bila PD.0 dan PD.1 digunakan untuk digital I/O atau komunikasi serial UART TTL

Sedangkan hubungan antara komputer dengan Low Cost Micro System secara serial seperti pada tabel di bawah ini.

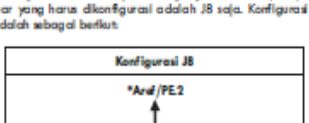
COM Port Komputer DB9	DT-AVR Low Cost Micro System J1
RX (Pin2)	RX (Pin5)
TX (Pin3)	TX (Pin4)
GND (Pin5)	GND (Pin3)

Apabila menggunakan tipe AVR® dengan Internal ADC, tegangan referensinya dapat diperoleh dari AVCC atau Aref. Untuk mendapatkan tegangan referensi dari AVCC, jumper *J6, J7*, dan J8 harus dikonfigurasikan sebagai berikut:



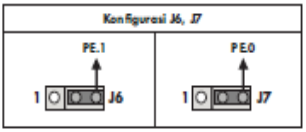


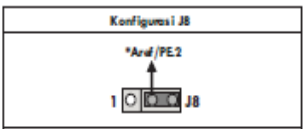
Sedangkan untuk mendapatkan tegangan referensi (Aref) dari luar yang harus dikonfigurasi adalah J8 saja. Konfigurasi J8 adalah sebagai berikut:



* Pada AVR® dengan Internal ADC, jumper digunakan untuk mengkonfigurasi tegangan referensi (Aref) dari luar.

Bila menggunakan tipe AVR® tanpa Internal ADC, harus menggunakan **Conversion socket**. Konfigurasi jumper *J6, J7*, dan J8 adalah sebagai berikut:





* Untuk tipe AVR® tanpa internal ADC yang memiliki Port E, J8 digunakan untuk mengkonfigurasi PE.2.

Ketiga konfigurasi jumper digunakan untuk melakukan konfigurasi pada pin 30, 31, dan 32 pada mikrokontroler. Untuk beberapa mikrokontroler, misalnya ATmega8515, pin – pin tersebut berfungsi sebagai Port E (PE.0 – PE.2).

Isi CD

1. CodeVisionAVR versi evaluation.
2. Program untuk Testing I/O, Serial, dan ADC dalam bahasa C.
3. Program Tester TESTBOARD.EXE.
4. Datasheet beberapa Mikrokontroler AVR® yang didukung oleh DT-AVR Low Cost Micro System.
5. Manual DT-AVR Low Cost Micro System.
6. Skema DT-AVR Low Cost Micro System dan Conversion Socket.
7. Website Innovative Electronics.

Prosedur testing

Program yang telah dituliskan ke dalam ATmega8535 (avrtest.prj) dapat digunakan untuk testing awal. Program ini akan mengeluarkan gelombang kotak pada semua pin input / output Port B, Port C, Port D kecuali PD.0 dan PD.1 karena difungsikan sebagai jalur komunikasi serial.

Langkah – langkah untuk melakukan pengujian pada port serial adalah sebagai berikut:

1. Konfigurasikan J4 dan J5 pada komunikasi Serial, lalu masukkan tegangan power supply input pada board.
2. Hubungkan konektor DB-9 pada komputer dan RJ11 pada Low Cost Micro System menggunakan kabel serial.
3. Jalankan program TESTBOARD.EXE. Tentukan COM Port yang akan digunakan. Klik pada tombol **Test Serial**. Bila komunikasi serial berjalan dengan sukses maka akan tampil data yang dikirim dan diterima (0 = 0, 1 = 1, 2 = 2, dst) dengan warna hijau, serta muncul jendela yang bertuliskan "Success!". Jika gagal pada program akan tampak tulisan Fail dengan warna merah serta tampil jendela berisi "Fail !".

Untuk melihat gelombang kotak yang dihasilkan oleh Port B, Port C, dan Port D dapat menggunakan osiloskop atau dihubungkan langsung dengan rangkaian LED atau *ide* KITS LED LOGIC TESTER sehingga tampak nyala LED yang berkedip.

Pada pengujian ADC, Port yang dipakai sebagai input channel adalah Port A. Sebelummelakukan pengujian, konfigurasikan J6, J7, dan J8 terlebih dahulu sehingga tegangan referensi didapat dari AVCC. Inputkan tegangan yang akan diukur antara 0 – 5 Volt pada salah satu channel ADC yaitu channel 0 – channel 7. Pilih input channel yang akan diukur, setelah itu klik tombol **Test ADC**. Jika tidak ada kesalahan maka di layar akan muncul hasil pengukuran tegangan input pada channel tsb.

Keterangan:

Gambar skema DT-AVR Low Cost Micro System dan Conversion Socket terdapat di dalam CD-ROM.

Trademark & Copyright

- CodeVisionAVR is copyright by Pavel Haiduc, HP InfoTech s.r.l.
- AVR is registered trademark of Atmel.

LAMPIRAN C
(*LISTING* PROGRAM PADA *CODE VISION AVR*)

```
/*****************************************************
***
This program was created by the CodeWizardAVR V3.27
Automatic Program Generator
© Copyright 1998-2016 Pavel Haiduc, HP InfoTech s.r.l.
http://www.hpinfotech.com

Project :
Version :
Date    : 6/7/2017
Author  :
Company :
Comments:


Chip type               : ATmega8535
Program type            : Application
AVR Core Clock frequency: 8.000000 MHz
Memory model            : Small
External RAM size       : 0
Data Stack size         : 128
*****************************************************
**/

#include <io.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <delay.h>
#include <spi.h>

// Alphanumeric LCD functions
#include <alcd.h>
```

```
// Declare your global variables here

// Voltage Reference: AVCC pin
#define ADC_VREF_TYPE ((0<<REFS1) | (1<<REFS0) | (1<<ADLAR))
unsigned result;
char text[16];
int x;
float suhu, laju ;

// Read the 8 most significant bits
// of the AD conversion result
unsigned char read_adc(unsigned char adc_input)
{
ADMUX=adc_input | ADC_VREF_TYPE;
// Delay needed for the stabilization of the ADC input voltage
delay_us(10);
// Start the AD conversion
ADCSRA|=(1<<ADSC);
// Wait for the AD conversion to complete
while ((ADCSRA & (1<<ADIF))==0);
ADCSRA|=(1<<ADIF);
return ADCH;
}
void main(void)
{
// Declare your local variables here

// Input/Output Ports initialization
// Port A i nitialization
// Function: Bit7=In Bit6=In Bit5=In Bit4=In Bit3=In Bit2=In Bit1=In Bit0=In
DDRA=(0<<DDA7) | (0<<DDA6) | (0<<DDA5) | (0<<DDA4) | (0<<DDA3) | (0<<DDA2) | (0<<DDA1) | (0<<DDA0);
// State: Bit7=T Bit6=T Bit5=T Bit4=T Bit3=T Bit2=T Bit1=T Bit0=T
```

```
PORTA=(0<<PORTA7) | (0<<PORTA6) | (0<<PORTA5) | (0<<PORTA4) | (0<<PORTA3) | (0<<PORTA2) | (0<<PORTA1) | (0<<PORTA0);


// Port B initialization
// Function: Bit7=Out Bit6=In Bit5=Out Bit4=Out Bit3=In Bit2=In Bit1=In Bit0=In
DDRB=(1<<DDB7) | (0<<DDB6) | (1<<DDB5) | (1<<DDB4) | (1<<DDB3) | (1<<DDB2) | (1<<DDB1) | (1<<DDB0);
// State: Bit7=0 Bit6=T Bit5=0 Bit4=0 Bit3=T Bit2=T Bit1=T Bit0=T
PORTB=(0<<PORTB7) | (0<<PORTB6) | (0<<PORTB5) | (0<<PORTB4) | (0<<PORTB3) | (0<<PORTB2) | (0<<PORTB1) | (0<<PORTB0);

// Port C initialization
// Function: Bit7=In Bit6=In Bit5=In Bit4=In Bit3=In Bit2=In Bit1=In Bit0=In
DDRC=(0<<DDC7) | (0<<DDC6) | (0<<DDC5) | (0<<DDC4) | (0<<DDC3) | (0<<DDC2) | (0<<DDC1) | (0<<DDC0);
// State: Bit7=T Bit6=T Bit5=T Bit4=T Bit3=T Bit2=T Bit1=T Bit0=T
PORTC=(0<<PORTC7) | (0<<PORTC6) | (0<<PORTC5) | (0<<PORTC4) | (0<<PORTC3) | (0<<PORTC2) | (0<<PORTC1) | (0<<PORTC0);

// Port D initialization
// Function: Bit7=In Bit6=In Bit5=In Bit4=In Bit3=In Bit2=In Bit1=In Bit0=In
DDRD=(1<<DDD7) | (1<<DDD6) | (1<<DDD5) | (1<<DDD4) | (0<<DDD3) | (0<<DDD2) | (0<<DDD1) | (0<<DDD0);
// State: Bit7=T Bit6=T Bit5=T Bit4=T Bit3=T Bit2=T Bit1=T Bit0=T
```

```
PORTD=(0<<PORTD7) | (0<<PORTD6) | (0<<PORTD5) | (0<<PORTD4) | (0<<PORTD3) | (0<<PORTD2) | (0<<PORTD1) | (0<<PORTD0);

// Timer/Counter 0 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 0 Stopped
// Mode: Normal top=0xFF
// OC0 output: Disconnected
TCCR0=(0<<WGM00) | (0<<COM01) | (0<<COM00) | (0<<WGM01) | (0<<CS02) | (0<<CS01) | (0<<CS00);
TCNT0=0x00;
OCR0=0x00;

// Timer/Counter 1 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer1 Stopped
// Mode: Normal top=0xFFFF
// OC1A output: Disconnected
// OC1B output: Disconnected
// Noise Canceler: Off
// Input Capture on Falling Edge
// Timer1 Overflow Interrupt: Off
// Input Capture Interrupt: Off
// Compare A Match Interrupt: Off
// Compare B Match Interrupt: Off
TCCR1A=(0<<COM1A1) | (0<<COM1A0) | (0<<COM1B1) | (0<<COM1B0) | (0<<WGM11) | (0<<WGM10);
TCCR1B=(0<<ICNC1) | (0<<ICES1) | (0<<WGM13) | (0<<WGM12) | (0<<CS12) | (0<<CS11) | (0<<CS10);
TCNT1H=0x00;
TCNT1L=0x00;
ICR1H=0x00;
ICR1L=0x00;
OCR1AH=0x00;
OCR1AL=0x00;
```

```
OCR1BH=0x00;
OCR1BL=0x00;

// Timer/Counter 2 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer2 Stopped
// Mode: Normal top=0xFF
// OC2 output: Disconnected
ASSR=0<<AS2;
TCCR2=(0<<WGM20) | (0<<COM21) | (0<<COM20) |
(0<<WGM21) | (0<<CS22) | (0<<CS21) | (0<<CS20);
TCNT2=0x00;
OCR2=0x00;

// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
TIMSK=(0<<OCIE2) | (0<<TOIE2) | (0<<TICIE1) |
(0<<OCIE1A) | (0<<OCIE1B) | (0<<TOIE1) | (0<<OCIE0) |
(0<<TOIE0);

// External Interrupt(s) initialization
// INT0: Off
// INT1: Off
// INT2: Off
MCUCR=(0<<ISC11) | (0<<ISC10) | (0<<ISC01) | (0<<ISC00);
MCUCSR=(0<<ISC2);

// USART initialization
// USART disabled
UCSRB=(0<<RXCIE) | (0<<TXCIE) | (0<<UDRIE) |
(0<<RXEN) | (0<<TXEN) | (0<<UCSZ2) | (0<<RXB8) |
(0<<TXB8);

// Analog Comparator initialization
// Analog Comparator: Off
// The Analog Comparator's positive input is
// connected to the AIN0 pin
```

```
// The Analog Comparator's negative input is
// connected to the AIN1 pin
ACSR=(1<<ACD) | (0<<ACBG) | (0<<ACO) | (0<<ACI) |
(0<<ACIE) | (0<<ACIC) | (0<<ACIS1) | (0<<ACIS0);

// ADC initialization
// ADC Clock frequency: 500.000 kHz
// ADC Voltage Reference: AVCC pin
// ADC High Speed Mode: Off
// ADC Auto Trigger Source: ADC Stopped
// Only the 8 most significant bits of
// the AD conversion result are used
ADMUX=ADC_VREF_TYPE;
ADCSRA=(1<<ADEN) | (0<<ADSC) | (0<<ADATE) |
(0<<ADIF) | (0<<ADIE) | (1<<ADPS2) | (0<<ADPS1) |
(0<<ADPS0);
SFIOR=(1<<ADHSM) | (0<<ADTS2) | (0<<ADTS1) |
(0<<ADTS0);

// SPI initialization
// SPI Type: Master
// SPI Clock Rate: 2764,800 kHz
// SPI Clock Phase: Cycle Start
// SPI Clock Polarity: Low
// SPI Data Order: MSB First
SPCR=(0<<SPIE) | (1<<SPE) | (0<<DORD) | (1<<MSTR) |
(0<<CPOL) | (0<<CPHA) | (0<<SPR1) | (0<<SPR0);
SPSR=(0<<SPI2X);

// TWI initialization
// TWI disabled
TWCR=(0<<TWEA) | (0<<TWSTA) | (0<<TWSTO) |
(0<<TWEN) | (0<<TWIE);

// Alphanumeric LCD initialization
// Connections are specified in the
```

```
// Project|Configure|C Compiler|Libraries|Alphanumeric LCD menu:
// RS - PORTC Bit 0
// RD - PORTC Bit 1
// EN - PORTC Bit 2
// D4 - PORTC Bit 4
// D5 - PORTC Bit 5
// D6 - PORTC Bit 6
// D7 - PORTC Bit 7
// Characters/line: 16
lcd_init(16);

while (1)
{

 //potensiometer
    lcd_clear();
    x=read_adc(0);
    lcd_gotoxy(9,0);
    sprintf(text,"P  =%i",x);
    lcd_puts(text);

  //termokopel
     PORTB.4=0;
     result=(unsigned) spi(0)<<8;
     /* read the LSB using SPI and combine with MSB */
     result|=spi(0);
     PORTB.4=1;
      result=(unsigned) (((unsigned long) result*5000)/4096L);
     suhu=(result/40.00);

     laju = ((result-1190.00)/500.00);

     lcd_gotoxy(0,0);
     sprintf(text,"Q= %5.2f ",laju );
     lcd_puts (text);
```

```
    delay_ms(500);

//jaluk tulung dipanasi sek ae (0-5 km/jam)
    if ((laju <=0.20)&&(x<=176))
    {
    PORTB.0=0;    //12 volt    aktif
    PORTB.3=1;    //9 volt
    PORTB.2=1;    //6 volt
    PORTB.5=1;    //3 volt
    PORTD.4=0;    //L 4 =3V
    PORTD.5=0;    //L3=6V
    PORTD.6=0;    //L2=9V
    PORTD.7=1;    //L1=12V      on
    }

     if ((laju>0.20)&&(x<=176))

     {
     PORTB.0=1;    //12 volt
     PORTB.3=1;    //9 volt
     PORTB.2=1;    //6 volt
     PORTB.5=1;    //3 volt          off
     PORTD.4=0;    //L 4 =3V          off kabeh
     PORTD.5=0;    //L3=6V
     PORTD.6=0;    //L2=9V
     PORTD.7=0;    //L1=12V
     }

  //cilik (5-20 km/jam)

    if ((laju<=0.35)&&((x>176)&&(x<183)))
    {
    PORTB.0=0;    //12 volt    aktif
    PORTB.3=1;    //9 volt
    PORTB.2=1;    //6 volt
    PORTB.5=1;    //3 volt
```

```
  PORTD.4=0;    //L 4 =3V
  PORTD.5=0;    //L3=6V
  PORTD.6=0;    //L2=9V
  PORTD.7=1;    //L1=12V      on
  }

   if ((laju>0.35)&&((x>176)&&(x<183)))

   {
   PORTB.0=1;    //12 volt
   PORTB.3=1;    //9 volt
   PORTB.2=1;    //6 volt
   PORTB.5=0;    //3 volt           aktif
   PORTD.4=1;    //L 4 =3V          aktif
   PORTD.5=0;    //L3=6V
   PORTD.6=0;    //L2=9V
   PORTD.7=0;    //L1=12V
   }

//sedenganlah (20-40 km/jam)

  if ((laju<=0.45)&&((x>183)&&(x<194)))
  {
  PORTB.0=0;    //12 volt    aktif
  PORTB.3=1;    //9 volt
  PORTB.2=1;    //6 volt
  PORTB.5=1;    //3 volt
  PORTD.4=0;    //L 4 =3V
  PORTD.5=0;    //L3=6V
  PORTD.6=0;    //L2=9V
  PORTD.7=1;    //L1=12V      on
  }
```

```
      if ((laju>0.45)&&((x>183)&&(x<194)))

      {
      PORTB.0=1;    //12 volt
      PORTB.3=1;    //9 volt
      PORTB.2=1;    //6 volt
      PORTB.5=0;    //3 volt          aktif
      PORTD.4=1;    //L 4 =3V          aktif
      PORTD.5=0;    //L3=6V
      PORTD.6=0;    //L2=9V
      PORTD.7=0;    //L1=12V
       }

//banter (antara 40-60 km/jam)

      if ((laju<=0.55)&&((x>194)&&(x<204)))
      {

      PORTB.0=0;    //12 volt    aktif
      PORTB.3=1;    //9 volt
      PORTB.2=1;    //6 volt
      PORTB.5=1;    //3 volt
      PORTD.4=0;    //L 4 =3V
      PORTD.5=0;    //L3=6V
      PORTD.6=0;    //L2=9V
      PORTD.7=1;    //L1=12V      on
      }

       if ((laju>0.55)&&((x>194)&&(x<204)))

       {
       PORTB.0=1;    //12 volt
       PORTB.3=1;    //9 volt
       PORTB.2=0;    //6 volt          on
       PORTB.5=1;    //3 volt
       PORTD.4=0;    //L 4 =3V
```

```
      PORTD.5=1;    //L3=6V            on
      PORTD.6=0;    //L2=9V
      PORTD.7=0;    //L1=12V

      }

//gas pol (nak dukure 60 km/jam)
    if ((laju<0.70)&&(x>204))

      {
      PORTB.0=0;    //12 volt      aktif
      PORTB.3=1;    //9 volt
      PORTB.2=1;    //6 volt
      PORTB.5=1;    //3 volt
      PORTD.4=0;    //L 4 =3V
      PORTD.5=0;    //L3=6V
      PORTD.6=0;    //L2=9V
      PORTD.7=1;    //L1=12V     aktif
      }
    if ((laju>0.70)&&(x>204))

      {
      PORTB.0=1;    //12 volt
      PORTB.3=0;    //9 volt   on
      PORTB.2=1;    //6 volt
      PORTB.5=1;    //3 volt
      PORTD.4=0;    //L 4 =3V
      PORTD.5=0;    //L3=6V
      PORTD.6=1;    //L2=9V
      PORTD.7=0;    //L1=12V
      }

    }
}
```

BIODATA PENULIS

Penulis dilahirkan di Malang pada tanggal 8 Maret 1996 dengan diberi nama Siti Sofiya. Saat ini penulis tinggal di Dukuh Pakis V Surabaya. Penulis telah menyelesaikan studi di TK WIMA Surabaya pada tahun 2002, SDN Dukuh Kupang V/534 Surabaya pada tahun 2008, SMP Negeri 10 Surabaya pada tahun 2011, SMA Negeri 18 Surabaya pada tahun 2014, dan kemudian melanjutkan kuliah di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Jurusan Teknik Instrumentasi, Program Studi D3 Teknik Instrumentasi pada tahun 2014. Bidang minat yang ditekuni yaitu riset teknologi dan karya tulis ilmiah. Pada tahun 2016 penulis menjadi juara I *Instrumentation and Control National Competition 2016* (ICONIC ITB 2016) dengan judul "*Water Treatment* Evapoter (Evaporasi dan Filterisasi) Berbasis Arduino UNO dan *Sensor* Ultrasonik". Pengalaman magang (*on job training* / kerja praktek) di PT. LEN - Bandung, Jawa Barat dengan judul: Desain dan Simulasi Pengukuran Arus DC Menggunakan *Sensor* ACS755XCB-100 di PT LEN (Persero)-Bandung, Jawa Barat. Bagi pembaca yang memiliki kritik, saran, atau ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai tugas akhir ini, dapat menghubungi penulis melalui nomor telefon 0895343727162 atau email sitisofiya8@gmail.com