

RANCANG BANGUN ALAT UKUR
EMISI GAS BUANG CO DAN HC
BERBASIS *MIKROKONTROLLER*



TUGAS AKHIR

Disusun sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar
Sarjana S-1 pada Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Semarang

Disusun oleh

YULIA BUDI ANGGRAENI

C2A212007

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SEMARANG

2016

RANCANG BANGUN ALAT UKUR EMISI GAS BUANG CO DAN HC
BERBASIS *MIKROKONTROLLER*

Disusun oleh

YULIA BUDI ANGGRAENI

C2A212007

ABSTRAK

Gas buang sisa pembakaran bahan bakar minyak mengandung bahan- bahan pencemar seperti SO₂, NO_x, CO, HC, SPM dan partikel lainnya. Bahan – bahan pencemar tersebut dapat berdampak negatif terhadap manusia ataupun ekosistem bila melebihi konsentrasi tertentu. Pengukuran kadar konsentrasi emisi pada kendaraan bermotor selain dengan menggunakan visual yaitu dengan melihat warna dan bau yang keluar dari knalpot kendaraan juga harus diukur dengan menggunakan alat ukur yang disebut CO / HC tester yang biasanya bisa dijumpai pada bengkel resmi atau pada instansi yang bertugas untuk menguji kadar emisi. Mahalnya biaya yang dikeluarkan pemilik kendaraan dan ketersediaan alat ukur yang ada , maka dari itu penulis membuat alat ukur emisi gas buang CO dan HC berbasis *mikrokontroller* yang dapat digunakan untuk mengetahui hasil emisi gas buang kendaraan yang berupa CO dan HC dan untuk mengetahui analog hasil dari sensor – sensor yang dipakai.

Dengan menggunakan metode eksperimen yaitu merancang *hardware* dan *software* alat ukur emisi gas buang CO dan HC berbasis *mikrokontroller* jenis *AT Mega 16* menggunakan aplikasi *ISIS PROTEUS* diharapkan dapat membantu untuk mengetahui kadar konsentrasi CO dan HC pada kendaraan selain itu dengan cara pengoperasian yang mudah cukup menekan switch 1 atau 2 maka sensor MQ2 dan MQ 7 akan mendapatkan input gas emisi yang ada pada knalpot berupa tegang sinyal analog dan hasil dapat ditampilkan pada LCD sehingga hasilnya dapat dilihat secara langsung dan juga *buzzer* untuk peringatan suara jika gas CO dan HC melebihi dari ambang batas.

Untuk mengetahui kelayakan alat ukur emis gas buang CO dan HC berbasis *mikrokontroller* alat ini kemudian diujikan pada kendaraan dengan tahun pembuatan dibawah 2007 dan diatas 2007 dengan toleransi kesalahan (*margin error*) sensor MQ2 sebesar 13.34% dengan kendaraan dibawah 2007, 17.65% untuk kendaraan diatas tahun 2007 dan sensor MQ7 11,68 % untuk kendaraan dibawah tahun 2007 dan 12,09% untuk kendaraan diatas tahun 2007.

Kata kunci : *Mikrokontroller, sensor MQ2, sensor MQ7, LCD, buzzer*

ABSTRACT

The exhaust gases from the combustion of fossil fuels containing contaminants such as SO₂, NO_x, CO, HC, SPM and other particles. Materials - such contaminants can have a negative impact on humans or the ecosystem they exceed a certain concentration. Measurement of the concentration of emissions in motor vehicles other than by using a visual that is by looking at the color and smell from the exhaust of vehicles should be measured using a measuring instrument called CO / HC tester which can usually be found on the official workshop or at the agency tasked to test levels emission. The high cost incurred owner of the vehicle and the availability of measurement tools that exist, and therefore the author makes measuring tool exhaust emissions of CO and HC-based microcontroller that can be used to determine the result of vehicle exhaust emissions in the form CO and HC, and to determine the analog result of sensor - a sensor worn.

By using the experimental method is designing hardware and software measurement tool exhaust emissions of CO and HC-based microcontroller types AT Mega 16 using application ISIS PROTEUS is expected to help to determine the extent of the concentration of CO and HC in the vehicle in addition to the operation easy enough to press the switch 1 or 2 then the sensor MQ2 and MQ 7 will get the input gas in the exhaust emissions of existing analog signals in the form of tension and the result can be displayed on the LCD so that the results can be viewed directly and also the buzzer to sound a warning if CO and HC gas exceeds the threshold.

To determine the feasibility of measuring instruments emisiss flue gas CO and HC microcontroller-based tool is then tested on the vehicle by year of production below 2007 and above 2007, with fault tolerance (margin of error) amounted to 13.34% MQ2 sensor with a vehicle under the 2007, 17.65% for kendraan above 2007 and 11.68% MQ7 sensors for vehicles below 2007 and 12.09% for vehicles over 2007.

Keywords : *microcontroller, sensor MQ2 , MQ7 sensor , LCD , buzzer*

LEMBAR PENGESAHAN

RANCANG BANGUN ALAT UKUR EMISI GAS BUANG CO
DAN HC BERBASIS *MIKROKONTROLLER*

Disusunoleh

Yulia Budi Anggraeni

C2A212007

Telah dipertahankan didepan tim penguji dalam ujian Tugas Akhir pada tanggal 15 April 2016 dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Sarjana S-1 pada program studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Semarang.

| | | |
|---|--|-------|
| 1 | <u>Dr.RM.Bagus IrawanW.ST, M.Si</u> NIDN. 611047102 (Pembimbing) | |
| 2 | <u>Muhamad Subri,ST, MT</u> NIDN.0624057101 (Co. Pembimbing) | |
| 3 | <u>Dr.Lutfi Nurcholis, ST, MM</u> NIDN.0623036901 (Penguji) | |

Semarang, April

Mengetahui,

Ka Prodi Teknik Mesin

RUBIJANTO JUNI P, ST, MT.

NIK.28.6.1026.091

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Alat Ukur Emisi CO dan HC
Berbasis *Mikrokontroller*
Nama : Yulia Budi Anggraeni
NIM : C2A212007
Program Studi : Teknik Mesin

Telah diperiksa dan disetujui pada

Hari :

Tanggal :

Dosen Pembimbing

Co.Pembimbing

DR.RM.Bagus Irawan W.ST, M.Si

Muhamad Subri, ST, MT

NIDN. 0611047102

NIDN.0624057101

Mengetahui

Koordinator Tugas Akhir

Muh.Amin, ST, MT

NIDN.0617047203

PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Yulia Budi Anggraeni
NIM : C2A212007
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Alat Ukur Emisi Gas Buang
Berbasis *Mikrokontroller*

Menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan Judul tersebut belum pernah dipublikasikan di lingkungan Universitas Muhammadiyah Semarang. Tugas Akhir ini saya susun berdasarkan norma akademik dan bukan hasil plagiat. Adapun semua kutipan di dalam Tugas Akhir ini telah disesuaikan dengan tata cara penulisan Karya Ilmiah dengan menyertakan pembuat / penulis dan telah dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, dan apabila dikemudian hari ternyata terbukti bahwa pernyataan saya tidak benar, Saya bersedia menerima segala konsekuensinya.

Semarang, Maret 2016

Yang Menyatakan

Yulia Budi Anggraeni

C2A212007

LEMBAR PERSEMBAHAN

Maka nikmat Tuhanmu yang manakah yang kamu dustakan?

(QS: Ar-Rahman 13)

Niscaya Allah akan mengangkat (derajat) orang-orang yang beriman diantaramu dan orang-orang yang diberi ilmu beberapa derajat

(QS: Al-Mujadilah 11)

Kupersembahkan karyaku ini untuk kedua orang tuaku yang sudah memberiku kasih sayang dan selalu mendoakan untuk keberhasilanku, untuk suamiku yang sudah memberiku motivasi dan dukungan untuk menyelesaikan tugas akhir ini, untuk adik-adiku yang menjadi penyemangatku untuk mejadi lebih baik. Untuk dosen pembimbing yang sudah senantiasa membantu penulis menyelesaikan tugas akhir ini

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum wr.wb

Puji Syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya dan Sholawat serta salam kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, sehingga penulis berkesempatan untuk menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “RANCANG BANGUN ALAT UKUR EMISI GAS BUANG CO DAN HC BERBASIS MIKROKONTROLLER” Tugas Akhir ini disusun dengan tujuan sebagai syarat kelulusan menempuh Sarjana.(S1) Teknik Mesin.

Tugas akhir merupakan salah satu mata kuliah wajib yang berbobot 4 sks dan merupakan syarat akademis guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Semarang (UNIMUS). Penulis yakin dalam penyusunan tugas akhir ini masih banyak kekurangan disana-sini, seperti kata pepatah tak ada gading yang tak retak, oleh karena itu kritik yang konstruktif sangat kami butuhkan guna memperbaiki kekurangan tugas akhir ini.

Dalam kaitannya dengan pelaksanaannya dan penyusunan Tugas Akhir ini penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Dr.RM.Bagus Irawan, ST, M.Si. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Semarang sekaligus Dosen Pembimbing I
2. Bapak Rubiyanto, ST, MT. selaku Kepala Jurusan Teknik Mesin
3. Bapak Muh Amin ST, MT selaku koordinator Tugas Akhir
4. Bapak Muhammad Subri, ST, MT selaku Co. Pembimbing yang selalu memberikan saran terbaik bagi penulis
5. Dosen-dosen fakultas teknik mesin yang sudah memberikan ilmunya kepada penulis selama belajar
6. Kedua Orang tuasaya yang sudah mendidik dan membesarkan dan selalu mendoakan saya yang terbaik serta adik-adiku yang menjadi motivasi saya untuk melanjutkan kuliah
7. Suamiku Afifur Rahman, SH, MH. yang senantiasa memberikan dukungan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini

8. Teman- temanku yang sudah membantu dalam proses tugas akhir ini mas soleh, mas jihad dan kawan – kawan kantor saya yang sudah membantu
9. Semua pihak yang sudah membantu dalam penyelesaian dan penyusunan tugas akhir ini

Penuils merasa Tugas Akhir ini masih belum sempurna oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Penulis berharap semoga penelitian dalam Tugas Akhir in berguna dan bermanfaat dalam menambah pengetahuan bagi penulis dan para pembaca.

Wassalamu'alaikum wr.wb

Semarang, Maret 2016

Penyusun,

Yulia Budi Anggraeni



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sektor transportasi tumbuh dan berkembang seiring dengan peningkatan perekonomian nasional. Transportasi merupakan sarana yang penting bagi masyarakat modern untuk memperlancar mobilitas manusia dan barang. Saat ini bahan bakar minyak (BBM) merupakan andalan utama bahan bakar disektor transportasi. Pada tahun delapan puluhan pemakaian bahan bakar minyak (BBM) disektor transportasi telah mengalami pertumbuhan sebesar 6,8 % pertahun.. Mengingat sumber daya minyak bumi semakin terbatas maka perlu diupayakan diversifikasi energy untuk sektor transportasi.

Gas buang sisa pembakaran bahan bakar minyak mengandung bahan- bahan pencemar seperti SO₂, NO_x, CO, HC, SPM dan partikel lainnya. Bahan – bahan pencemar tersebut dapat berdampak negatif terhadap manusia ataupun ekosistem bila melebihi konsentrasi tertentu. Sumber polusi utama beraasal dari transportasi, dimana hampir 60% dari polutan yang dihasilkan terdiri dari karbon monoksida dan sekitar 15 % terdiri dari hidrokarbon. Polutan yang utama adalah karbon monoksida yang hampir setengahnya dari seluruh polutan udara yang ada (Srikandi Fardiaz, 1992)

Di dalam laporan Organisasi kesehatan dunia (WHO) diperkirakan bahwa sekurang- kurangnya satu jenis pencemaran udara di kota – kota besar telah melebihi ambang batas toleransi (*the world bank country studi, 1994*). Sementara itu dinyatakan pula bahwa 75 % keberadaan karbon monoksida (CO) di udara berasal dari emisi kendaraan bermotor . (Muraleedharan, 2000)

Penurunan kualitas udara yang terus terjadi selama beberapa tahun terakhir ini menunjukkan kita bahwa betapa pentingnya digalakkan usaha –usaha pengurangan emisi ini. Baik melalui penyuluhan kepada masyarakat ataupun dengan mengadakan penelitian bagi penerapan teknologi pengurangan emisi.

Skenario penurunan emisi gas buang yang telah dilakukan pemerintah diantaranya yaitu:

- Implementasi Euro II untuk kendaraan bermotor baru sejak tahun 2007; ditambah :
- Implementasi Euro IV untuk kendaraan bermotor baru pada tahun 2012
- Konservasi dan diversifikasi energy
- Smart Driving
- Pengawasan emisi kendaraan (**Elly Sinaga , 2011**)

Secara umum dengan merujuk EST (*Environment Sustainable Transportation*) untuk mengontrol atau mengurangi polutan udara dari kendaraan bermotor (*Internal Combustion Engine*) dapat dilakukan dengan cara modifikasi pada mesin, modifikasi penggunaan bahan bakar atau sistem bahan bakarnya dan modifikasi pada saluran gas buangnya (**B.Irawan, 2003**). Dengan melakukan ketiga modifikasi tersebut diharapkan emisi gas buang yang berasal dari kendaraan dapat berkurang.

Pembatasan kadar emisi gas buang ini dilakukan agar kendaraan baik motor ataupun mobil dapat beroperasi dengan efisien tanpa harus merusak alam. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2006 tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama dengan batasan untuk kendaraan dengan tahun pembuatan di atas 2007 CO 1.5 %, HC 200 ppm. Kendaraan dengan tahun pembuatan di bawah 2007 CO 4.5 %, HC 1200 ppm. Untuk menanggapi upaya pemerintah yang telah mengeluarkan peraturan tersebut mewajibkan pemilik kendaraan untuk melakukan uji emisi, Dalam hal ini tidak semua pemilik kendaraan bermotor memiliki kesadaran tinggi untuk melakukan uji emisi dan juga terkendala dengan biaya yang dikeluarkan untuk uji emisi relatif tinggi karena alat ukur tersebut ditanggkan dari impor barang luar negeri selain itu pemilik alat tersebut hanya bengkel resmi dan dinas perhubungan saja maka dengan alasan ini penulis mengambil judul tugas akhir yang akan diambil adalah “Rancang Bangun Alat Ukur Emisi Gas Buang CO dan HC Berbasis *Mikrokontroller* “ dengan tujuan alat ini dibuat bisa digunakan sebagai alat ukur emisi gas buang CO

dan HC yang dilakukan secara mandiri, untuk mengetahui output pengukuran konsentrasi Co dan HC.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan dirumuskan beberapa permasalahan yang menjadi fokus penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini, yakni sebagai berikut :

- a. Bagaimana merancang suatu alat ukur gas karbon monoksida (CO) dan hidro karbon (HC) yang berbasis *mikrokontroller*
- b. Berapakah besar kandungan emisi gas buang pada kendaraan bermotor yang diproduksi dengan tahun pembuatan diatas 2007 dan dibawah 2007 menggunakan alat ukur emisi gas buang CO dan HC berbasis *mikrokontroller*

1.3. Tujuan

Tujuan yang mendasari penyusunan tugas akhir ini adalah :

- a. Menghasilkan suatu alat ukur pendeteksi gas karbon monoksida (CO) dan hidro karbon (HC) yang disebabkan oleh gas buang kendaraan
- b. Mengetahui hasil emisi gas buang kendaraan bermotor dengan menggunakan alat ukur emisi gas buang CO dan HC berbasis *mikrokontroller* pada kendaraan dengan tahun pembuatan dibawah 2007 dan diatas 2007

1.4. Batasan Masalah

Dalam perancangan alat ukur emisi gas buang ini mengingat luasnya teknologi Mikrokontroller, maka dalam perancangan tugas akhir ini penulis membatasi hanya merancang alat ukur emisi gas buang karbon monoksida (CO) dan hidro karbon (HC) yang diterapkan pada kendaraan bermotor 4 langkah dengan tahun pembuatan dibawah 2007 dan diatas 2007 dengan perbedaan putaran mesin idle, 1500 rpm, 2000 rpm, 2500 rpm.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Memberi alternatif pilihan alat ukur gas buang karbon monoksida (CO) dan hidro karbon (HC) yang murah
2. Memudahkan masyarakat dalam menguji emisi kendaraan karena alat uji emisi mudah digunakan
3. Memberi informasi kepada masyarakat tentang rata-rata perubahan kandungan emisi gas buang karbon monoksida (CO) dan hidro karbon (HC) pada kendaraan.
4. Agar masyarakat tidak perlu ke bengkel resmi hanya untuk mengetahui kadar CO dan HC pada kendaraan
5. Untuk sarana pembelajaran untuk pengembangan penelitian berikutnya

1.6. Metodologi Penulisan Tugas Akhir

Metode yang dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

a. Studi Pustaka

Metode ini dilakukan dengan cara membaca dan mempelajari buku-buku serta mencari referensi dari internet (browsing) yang berhubungan dengan Tugas Akhir

b. Perancangan atau eksperimen

Metode ini dilakukan penulis dengan merancang langsung alat yang akan dibuat

c. Bimbingan

Metode ini adalah penulis melakukan bimbingan langsung kepada dosen pembimbing

1.7. Sistematika Penulisan Tugas Akhir

Untuk mempermudah dalam memperoleh gambaran mengenai permasalahan yang akan dibahas, maka dalam penulisan Tugas Akhir dibagi dalam 5 (lima) bab.

Bab I Pendahuluan bab ini berisi latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, dan manfaat perancangan, metodologi penulisan, dan sistematika penulisan.

Bab II Tinjauan Pustaka Pada bab ini berisi pengertian dari polusi udara, polutan udara, Pengertian dari emisi, jenis pembakaran, klasifikasi motor bakar, proses terbentuknya gas buang dan dampaknya terhadap kesehatan, *mikrokontroller*, mikrokontoller AT *mega 16*, sistem minimum AT *mega 16*, *downloader*, *software codevision AVR*, *sensor*, *LCD*, *buzzer*, *batterai lipo* dan *push button*.

Bab III adalah Metode Perancangan pada bab metode perancangan dibahas tentang cara penulis melakukan rancang bangun alat ukur emisi gas buang CO dan HC berbasis *mikrokontroller* dari bahan dan alat yang dibutuhkan, biaya perancangan, desain perancangan, tahapan perancangan sampai dengan car akerja alat dan metode pengambilan data.

Bab IV adalah tentang hasil dan pembahasan atau pengaplikasian hasil perancangan yang diterapkan pada kendaraan bermotor, berisi tabel hasil pengujian dan hasil perbandingan dengan alat uji pasaran.

Bab V adalah penutup berupa kesimpulan yang didapat setelah melakukan perancanagn dan saran yang nantinya dapat menjadikan perancangan selanjutnya lebih sempurna.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Polusi Udara

Udara adalah suatu campuran gas yang terdapat pada lapisan yang mengelilingi bumi. Komposisi campuran gas tersebut tidak selalu konstan. Komponen yang konsentrasinya paling bervariasi adalah air dalam bentuk uap H₂O dan karbon dioksida (CO₂). Jumlah uap air yang terdapat di udara bervariasi tergantung dari cuaca dan suhu (Srikandi Fardiaz, 1992). Komposisi udara kering di mana uap air telah dihilangkan relatif konstan. Komposisi udara kering yang bersih yang dikumpulkan disekitar laut dapat dilihat pada tabel 2.1. Konsentrasi gas dinyatakan dalam persen atau per sejuta (ppm = part per million), tetapi untuk gas yang konsentrasinya sangat kecil biasanya dinyatakan dalam ppm. Selain gas –gas yang tercantum dalam tabel 2.1 masih ada lagi gas – gas lain yang mungkin terdapat di udara tetapi jumlahnya sangat kecil, yaitu kurang dari 1 ppm.

Tabel 2.1 Komposisi udara kering dan bersih (Stroker dan Seager 1972)

| Komponen | Formula | Persen volume | ppm |
|-----------------|-----------------|---------------|--------|
| Nitrogen | N ₂ | 78,08 | 780800 |
| Oksigen | O ₂ | 20,95 | 209500 |
| Argon | Ar | 0,934 | 9340 |
| Karbon dioksida | CO ₂ | 0,0314 | 314 |
| Neon | Ne | 0,00182 | 18 |
| Helium | He | 0,000524 | 5 |
| Metana | CH ₄ | 0,0002 | 2 |
| Kripton | Kr | 0.000114 | 1 |

Udara di alam tidak pernah ditemukan bersih tanpa polutan sama sekali. Beberapa gas seperti sulfur dioksida (SO₂), hidrogen sulfide (H₂S) dan karbon monoksida (CO) selalu dibebaskan ke udara sebagai produk sampingan dari proses proses alami seperti aktivitas vulkanik, pembusukan sampah, kebakaran hutan dan sebagainya. Selain itu partikel- partikel padat atau cairan berukuran kecil dapat tersebar diudara oleh angin. Selain disebabkan oleh polutan alami, polusi udara juga dapat disebabkan oleh aktivitas manusia.

2.1.1. Polutan Udara

Polutan udara primer yaitu polutan yang mencakup 90% dari jumlah polutan udara seluruhnya, dapat dibedakan menjadi lima kelompok sebagai berikut :

- Karbon monoksida
- Nitrogen
- Hidro karbon
- Sulfur dioksida
- Partikel

Sumber polusi yang utama bersal dari transportasi, dimana hampir 60% dari polutan yang dihasilkan terdiri dari karbon monoksida dan sekitar 15% terdiri dari hidrokarbon. Polutan yang utama adalah karbon monoksida yang mencapai hampir setengahnya dari seluruh polutan yang ada.

Toksisitas kelima kelompok polutan tersebut berbeda- beda dari tabel 2.2 menyajikan toksisitas relatif masing- masing kelompok polutan tersebut. Ternyata polutan yang paling berbahaya bagi kesehatan adalah partikel- partikel, diikuti berturut- turut dengan Nox, Sox, hidrokarbon, dan yang paling rendah toksisitasnya adalah karbon monoksida.

Tabel 2.2 Toksisitas polutan (**Babcock, 1971**)

| Polutan | Level toleransi | | Toksisitasrelatif |
|---------|-----------------|-------------------|-------------------|
| | Ppm | ug/m ³ | |
| CO | 32.0 | 40000 | 1.00 |

| | | | |
|-----------------|------|--------|-------|
| HC | | 19.300 | 2.07 |
| SO _x | 0.50 | 1430 | 28.0 |
| NO _x | 0.25 | 514 | 77.8 |
| Partikel | | 375 | 106.7 |

2.2. Pembakaran dan Gas Buang

2.2.1. Pengertian Emisi

Emisi gas buang merupakan sisa hasil pembakaran mesin kendaraan, baik itu kendaraan beroda, perahu/kapal dan pesawat terbang (wikipedia.org/wiki/Emisi_gas_buang). Biasanya emisi gas buang ini terjadi karena pembakaran yang tidak sempurna dari sistem pembuangan dan pembakaran mesin serta lepasnya partikel-partikel karena kurang tercukupinya oksigen dalam proses pembakaran tersebut. Sedangkan proses pembakaran adalah reaksi kimia antara oksigen di dalam udara dengan senyawa hidro karbon di dalam bahan bakar untuk menghasilkan tenaga dalam reaksi yang sempurna seperti pada gambar 2.2 maka sisa hasil pembakaran adalah berupa gas buang yang mengandung karbondioksida (CO₂), uap air (H₂O), oksigen (O₂) dan Nitrogen (N₂). Dalam prakteknya pembakaran yang terjadi di dalam mesin kendaraan tidak selalu berjalan sempurna sehingga di dalam gas buang terkandung senyawa berbahaya seperti karbonmonoksida (CO), Hidrokarbon (HC), NitrogenOksida (NO_x) dan partikulat. Diasamping itu untuk bahan bakar yang mengandung timbal dan sulfur hasil pembakarannya akan menghasilkan gas buang yang mengandung sulfuroksida (SO₂) dan logam berat (Pb).

2.2.2. Jenis Pembakaran

Berbagai emisi yang keluar dari ujung knalpot merupakan zat yang sangat berbahaya bagi lingkungan (manusia dan sekitarnya). Senyawa aseton / bensin dengan rumus CH₃COCH₃ merupakan ikatan kovalen non polar. Proses pembakaran sempurna senyawa hidro karbon akan membentuk karbon monoksida (CO) dan uap air (H₂O).

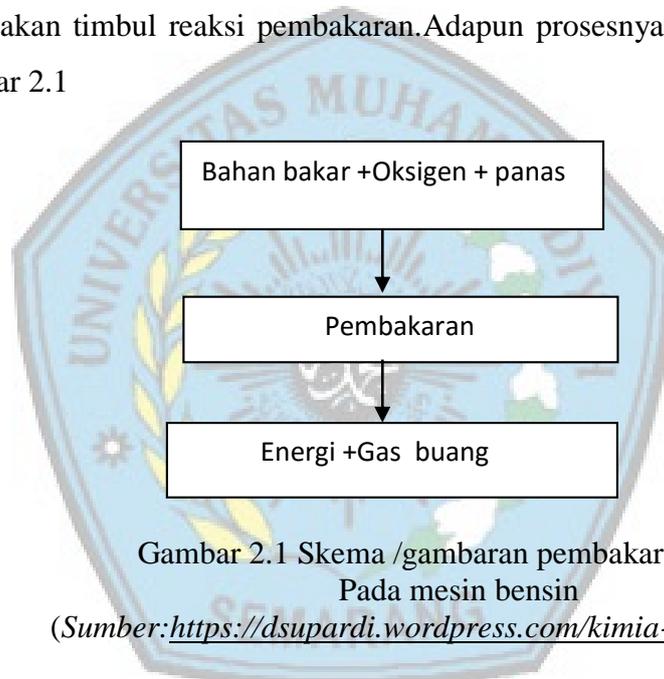
a. Pembakaran sempurna



Pada proses pembakaran sempurna akan menghasilkan karbon dioksida dan uap air. (Sumber: <https://dsupardi.wordpress.com/kimia-xi/termokimia/>).

Dimana C_8H_{18} adalah bahan bakar yang digunakan adalah bensin kemudian O_2 adalah oksigen dari udara setelah pembakaran berlangsung maka terbentuklah yang namanya gas buang yaitu karbon dioksida (CO_2) yang lepas ke udara dan air (H_2O).

Pembakaran terjadi karena ada tiga komponen yang beraksi, yaitu bahan bakar, oksigen dan panas, jika salah satu komponen tersebut tidak ada maka tidak akan timbul reaksi pembakaran. Adapun prosesnya dapat dilihat pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Skema /gambaran pembakaran sempurna Pada mesin bensin

(Sumber: <https://dsupardi.wordpress.com/kimia-xi/termokimia/>)

Gambar di atas merupakan reaksi pembakaran sempurna, dimana diasumsikan semua bensin terbakar dengan sempurna perbandingan udara 14,7 :1

b. Pembakaran tak sempurna



Semakin tak sempurna pembakaran, semakin sempurna banyak karbon monoksida yang dihasilkan. Selain itu, pada pembakaran tak sempurna saja sebagian dari hidro karbon (bahan bakar)tidak terbakar/ menghasilkan

partikel karbon (yang merupakan komponen asap). (Sumber: <https://dsupardi.wordpress.com/kimia-xi/termokimia/>)

Perlu juga diketahui bahwa pada umumnya jika dilihat pada prakteknya pembakaran dalam mesin sebenarnya tidak pernah terjadi pembakaran dengan sempurna meskipun mesin dilengkapi dengan system control yang canggih. Dalam mesin bensin terbakar ada tiga hal yaitu ; bensin dan udara bercampur homogen dengan perbandingan 1:14,7 campuran tersebut dimampatkan oleh gerakan piston hingga tekanan dalam silinder 12 bar sehingga menimbulkan panas, kemudian campuran tersebut bereaksi dengan panas yang dihasilkan oleh percikan bunga api busi, dan terjadilah pembakaran pada tekanan tinggi sehingga timbul ledakan.

Proses pembakaran mesin bensin tidak terjadi dengan sempurna dikarenakan:

- Waktu pembakaran singkat
- Overlapping katup
- Udara yang masuk tidak murni
- Kompresi tidak terjamin rapat sempurna
- Bahan bakar yang masuk tidak murni

Pembakaran yang tidak sempurna itu menghasilkan gas buang beracun, misalnya CO,HC,NO_x,Pb, SO_x, CO₂ dan juga masih menyisakan disaluran gas buang.

2.3. Klasifikasi Motor Bakar

Motor bakar adalah suatu perangkat / mesin yang mengubah energi termal/ panas menjadi energi mekanik.Motor bakar merupakan salah satu jenis mesin kalor yang proses pembakarannya terjadi dalam motor bakar itu sendiri sehingga gas pembakaran yang terjadi sekaligus sebagai fluida kerjanya. (Daryanto, 2011)

Motor bakar dapat diklasifikasikan menjadi 2(dua)macam.Adapun pengklasifikasian motor bakar adalah sebagai berikut :

a) Berdasarkan Sistem Pembakarannya

- Mesin pembakaran dalam

Mesin pembakaran dalam atau sering disebut sebagai *internal Combustion Engine (ICE)*, yaitu dimana proses pembakarannya

berlangsung di dalam motor bakar itu sendiri sehingga gas pembakaran yang terjadi sekaligus berfungsi sebagai fluida kerja.

- Mesin bakar luar

Mesin pembakaran luar atau sering disebut sebagai *Eksternal Combustion Engine (ECE)* yaitu dimana proses pembakarannya terjadi di luar mesin, energi termal dari gas hasil pembakaran dipindahkan ke fluida kerja mesin.

b) Berdasarkan Sistem penyalan

- Motor Bensin

Motor bensin dapat juga disebut sebagai motor otto. Motor tersebut dilengkapi dengan busi dan karburator. Busi menghasilkan loncatan bunga api listrik yang membakar campuran bahan bakar dan udara karena motor ini cenderung disebut *spark ignition engine*. Pembakaran bahan bakar dengan udara ini menghasilkan daya. Di dalam siklus otto (siklus ideal) pembakaran tersebut dimisalkan sebagai pemasukan panas pada volume konstan.

- Motor Diesel

Motor diesel adalah motor bakar torak yang berbeda dengan motor bensin. Proses penyalannya bukan menggunakan loncatan bunga api listrik. Pada waktu torak hampir mencapai titik TMA bahan bakar disemprotkan ke dalam ruang bakar. Terjadilah pembakaran pada ruang bakar pada saat udara dalam silinder sudah bertemperatur tinggi. Persyaratan ini dapat terpenuhi apabila perbandingan kompresi yang digunakan cukup tinggi.

2.4. Proses Terbentuknya Gas Buang dan Dampaknya

2.4.1. Karbon Monoksida

Karbon monoksida (CO) adalah suatu komponen tidak berwarna dan tidak berbau dan tidak mempunyai rasa yang terdapat dalam bentuk gas pada suhu di atas -192°C . Komponen ini mempunyai berat sebesar 96.5% dari berat air dan tidak

larut didalam air.Karbon monoksida yang terdapat di alam terbentuk dari salah satu proses sebagai berikut :

1. Pembakaran tidak sempurna terhadap karbon atau komponen yang mengandung karbon.
2. Reaksi antara karbon dioksida dan komponen yang mengandung karbon pada suhu tinggi.
3. Pada suhu tinggi, karbon dioksida terurai menjadi karbon monoksida dan Oksigen.

Transportasi menghasilkan paling banyak CO diantara sumber –sumber CO lainnya, Terutama dari kendaraan –kendaraan yang menggunakan bensin sebagai bahan bakar.

Bila karbon dalam bahan bakar terbakar dengan sempurna, akan terjadi reaksi yang menghasilkan CO₂ sebagai berikut :



Apabila unsur oksigen udara tidak cukup, pembakaran tidak sempurna sehingga karbon didalam bahan bakar terbakar dengan sebagai berikut :



Emisi CO dari kendaraan banyak dipengaruhi oleh perbandingan campuran udara udara dengan bahan bakar yang masuk keruang bakar (AFR). Jadi untuk mengurangi CO, perbandingan campuran harus dikurangi atau dibuat kurus. Namun akibatnya HC dan Nox lebih mudah timbul serta output mesin menjadi berkurang.

2.4.2 Nitrogen Oksida

Nitrogen Oksida (NO_x)adalah kelompok gas yang terdapat di atmosfer yang terdiri dari gas nitrix oksida (NO) dan Nitrogen dioksida (NO₂).Walaupun bentuk nitrogen oksida lainnya ada,tetapi kedua gas ini yang paling banyak ditemui sebagai polutan udara. Nitrik Oksida merupakan gas yang tidak berwarna dan tidak berbau, sebaliknya nitrogen dioksida mempunyai warna coklat kemerahan dan berbau tajam. Pembentukan NO dan NO₂ mencakup reaksi antara nitrogen dan oksigen di udara sehingga membentuk NO, kemudian reaksi selanjutnya antara NO dengan lebih banyak oksigen membentuk NO₂. Persamaan reaksinya adalah sebagai berikut :





2.4.3. Hidro Karbon Dan Oksidan Fotokimia

Sumber hidrokarbon dan oksidan fotokimia merupakan komponen polutan udara yang berbeda tetapi mempunyai hubungan satu samalain. Hidrokarbon (HC) merupakan polutan primer karena dilepaskan ke udara secara langsung. Hidro karbon dapat dibedakan menjadi tiga kelompok berdasarkan struktur molekulnya yaitu hidrokarbon alifatik, aromatik, dan alisiklis. Jumlah hidro karbon yang dihasilkan manusia terbanyak berasal dari transportasi, sedangkan sumber lainnya misalnya dari pembakaran gas, minyak, arang, kayu, proses industri, pembuangan dan sebagainya. Seperti halnya polutan CO dan Nox, transportasi merupakan sumber polutan utama buatan manusia. Bensin yang merupakan suatu campuran kompleks antara hidrokarbon – hidrokarbon sederhana dengan sejumlah kecil bahan tambahan hidrokarbon, bersifat sangat volatil dan segera menguap dan terlepas di udara. Pelepasan hidrokarbon dari kendaraan bermotor juga disebabkan oleh emisi minyak bakar yang belum terbakar di dalam buangan

Sumber emisi HC dapat dibagi menjadi dua bagian sebagai berikut:

- Bahan bakar yang tidak terbakar dan keluar menjadi gas mentah
- Bahan bakar terpecah karena reaksi panas berubah menjadi gugusan HC lain yang keluar bersama gas buang:



(Sumber: <https://dsupardi.wordpress.com/kimia-xi/termokimia/>)

Sebab utama timbulnya HC sebagai berikut :

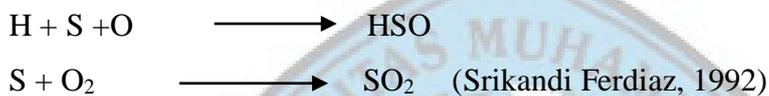
- Sekitar dinding–dinding ruang bakar bertemperatur rendah, dimana temperatur itu tidak mampu melakukan pembakaran
- Missing (missifire)
- Adanya overlapping katup (kedua katup bersama-sama terbuka) sehingga merupakan gas pembilas/pembersih.

Oksidan Foto kimia adalah komponen atmosfer yang diproduksi oleh proses foto kimia, yaitu suatu proses kimia yang membutuhkan sinar yang akan mengoksidasi komponen-komponen yang tidak segera dapat dioksidasi oleh gas

oksigen. Senyawa yang terbentuk merupakan polutan sekunder yang diproduksi karena interaksi antara polutan primer dengan sinar.

2.4.4 Sulfur Oksida

Polusi oleh sulfur oksida terutama disebabkan oleh dua komponen gas yang tidak berwarna, yaitu sulfur dioksida (SO₂) dan sulfur trioksida (SO₃), dan keduanya disebut sebagai SO_x. Sulfur dioksida mempunyai karakteristik bau yang tajam dan tidak terbakar di udara, sedangkan sulfur trioksida merupakan komponen yang tidak reaktif. Transportasi bukan merupakan sumber utama polutan SO_x, tetapi pembakaran bahan bakar pada sumbernya merupakan sumber utama polutan SO_x misalnya pembakaran batu arang, minyak bakar, gas, kayu.



2.4.5. Partikel

Polutan udara yang berbentuk partikel-partikel kecil padatan dan droplet cairan yang terdapat dalam jumlah tinggi di udara. Polusi udara karena partikel-partikel tersebut merupakan masalah lingkungan yang perlu mendapat perhatian, terutama di daerah perkotaan. Berbagai jenis polutan partikel bentuk- bentuknya yang terdapat melayang di udara dapat di lihat pada tabel 2.3

Tabel 2.3 Berbagai komponen partikel dan bentuk yang umum terdapat di udara (Srikandi Fardiaz,1992)

| Komponen | Bentuk |
|-----------|---|
| Karbon | |
| Besi | Fe ₂ O ₃ , Fe ₃ O ₄ |
| Magnesium | MgO |
| Kalsium | CaO |
| Aluminium | Al ₂ O ₃ |
| Sulfur | SO ₂ |

| | |
|----------|-------------------------------|
| Titanium | TiO ₂ |
| Karbonat | CO ₃ |
| Silikon | SiO ₂ |
| Fosfor | P ₂ O ₅ |
| Kalium | K ₂ O |
| Natrium | Na ₂ O |

2.4.6. Dampak gas buang terhadap kesehatan

Dampak masing –masing senyawa di dalam gas buang terhadap kesehatan adalah sebagai berikut :

- ✓ CO (Karbonmonoksida) dapat mengurangi jumlah oksigen dalam darah, sehingga bisa mengganggu dalam berfikir, penurunan refleks dan gangguan jantung, dan apabila terkomsumsi dalam jumlah besar bisa mengakibatkan kematian
- ✓ HC (Hidro karbon) dapat mengakibatkan iritasi pada mata , batuk , rasa ngantuk , bercak kulit dan perubahan pada genetik.
- ✓ PM 10 (Partikulat) jika masuk dalam sistem pernapasan sampai bagian paru- paru dapat menimbulkan infeksi saluran pernapasan atas , bronchitis, asma
- ✓ Pb (Timbal) dapat meracuni sistem pembentukan darah merah, sehingga mengakibatkan gangguan pembentukan sel darah merah, anemia, tekanan darah tinggi dan mengurangi fungsi pada ginjal, pengaruh pada anak- anak adalah penurunan kemampuan otak dan kecerdasan
- ✓ SO_x (Oksida Belerang) dapat menimbulkan efek iritasi pada saluran nafas, sehingga menimbulkan batuk sesak nafas
- ✓ NO_x (Oksida Nitrogen) bisa menimbulkan gangguan jaringan paru seperti melemahkan sistem pertahanan paru, asma , infeksi saluran nafas

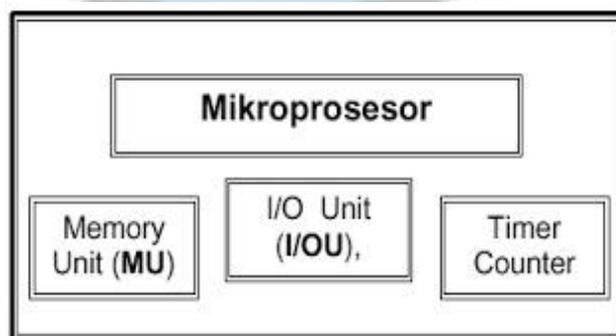
2.5. Mikrokontroller

Mikrokontroller adalah sebuah sistem komputer lengkap dalam satu serpih(chip). Mikrokontroller lebih dari sekedar sebuah mikroprosesor karena

sudahterdapat atau berisikan ROM (*Read-Only Memory*), RAM (*Read-Write Memory*), beberapa bandar masukan maupun keluaran, dan beberapa *peripheral* seperti pencacah/pewaktu, ADC (*Analog to Digital converter*), DAC (*Digital to Analog converter*) dan serial komunikasi. Penggunaan mikrokontroler dalam suatu minimum lebih menguntungkan dibandingkan dengan mikroprosesor sebab mikrokontroler tidak membutuhkan lagi memori dan I/O eksternal selama memori dan I/O internal dalam chip masih mencukupi (Andrianto, 2008)

Salah satu mikrokontroler yang banyak digunakan saat ini yaitu mikrokontroler AVR. Mikrokontroler AVR ini memiliki arsitektur RISC (*Reduce Instruction Set Computing*) delapan bit, di mana semua instruksi dikemas dalam kode 16-bit (*16 bits word*) dan sebagian besar instruksi dieksekusi dalam 1 (satu) siklus clock.

Nama AVR sendiri mempunyai kepanjangan *Advance Versatile RISC* atau *Alf and Vegard's RISC prosesor* yang berasal dari dua nama mahasiswa yaitu Alf-Egil Bogel dan Vergerd Wollan berkebangsaan Norwegia yang menemukan mikrokontroler AVR yang kemudian diproduksi oleh Atmel. Mikrokontroler AVR didesain menggunakan arsitektur Harvard, dimana ruang dan jalur bus bagi memori program dipisahkan dengan memori data. Secara umum mikrokontroler AVR dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok, yaitu keluarga AT90Sxx, ATmega dan ATtiny. Pada dasarnya yang membedakan masing-masing kelas adalah memori, *peripheral*, dan fiturnya. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.2 mengenai blok diagram mikrokontroler.



Gambar 2.2 Blok diagram mikrokontroler (Andrianto, 2008)

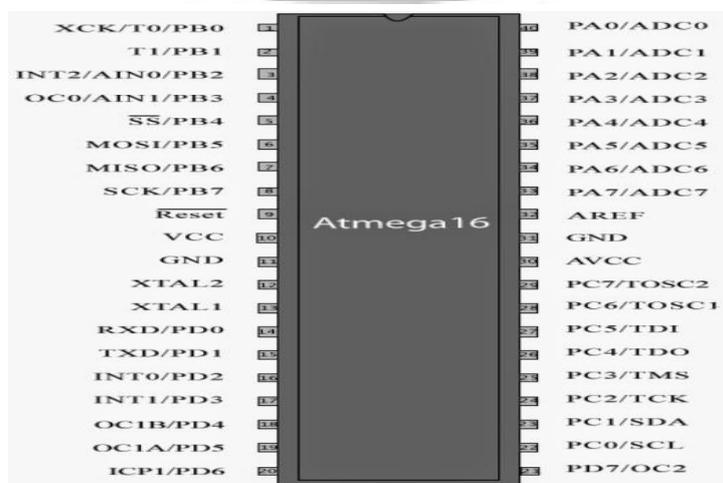
2.6 Mikro Kontroler AT Mega 16

Seperti mikroprosesor pada umumnya, secara internal mikrokontroler AT Mega16 terdiri atas unit-unit fungsionalnya *Arithmetic and Logical Unit* (ALU),himpunan register kerja, register dan dekoder instruksi, dan pewaktu beserta 12 komponen kendali lainnya. Berbeda dengan mikroprosesor, mikrokontroler menyediakan memori dalam serpih yang sama dengan prosesornya (in chip). Mikrokontroler ini menurut arsitektur Harvard dalam buku Sutabri(2014:8) yang memisahkan memori program dari memori data, baik bus alamat maupun bus data, sehingga pengaksesan program dan data dapat dilakukan secara bersamaan (*concurrent*).

Secara garis besar mikrokontroler AT Mega16 terdiri dari :

- Arsitektur Risc dengan *throughput* mencapai 16 mips pada frekuensi 16 mhz.
- Memiliki kapasitas flash memori 16 kilobyte, eeprom 512 kilobyte, dan sram 1 kilobyte.
- Saluran i/o 32 buah, yaitu port a, port b, port c, dan port d.
- CPU yang terdiri dari 32 buah *register*.
- User interupsi internal dan eksternal.
- Bandar antarmuka SPI dan bandar USART sebagai komunikasi serial.

Gambar 2.3 adalah Konfigurasi pena (pin) mikrokontroler AVR Atmega16A dengan kemasan 40 pena DIP (*dual in line package*). memiliki 8 pena untuk masing-masing Port A, Port B, Port C & Port D.



Gambar 2.3 Konfigurasi Pin AT Mega 16 (Atmel cooperation,2010)

.Keterangan masing-masing pin adalah sebagai berikut:

1. VCC (*Power Supply*) dan GND (*Ground*).
2. Port A (PA7..PA0)

Port A berfungsi sebagai input analog pada konverter A/D. Port A juga sebagai suatu Port I/O 8-bit dua arah, jika A/D konverter tidak digunakan. Pena - pena Port dapat menyediakan resistor internal pull-up (yang dipilih untuk masing-masing bit). Port A *output buffer* mempunyai karakteristik gerakan simetris dengan keduanya sink tinggi dan kemampuan sumber. Ketika pena PA0 ke PA7 digunakan sebagai input dan secara eksternal ditarik rendah, pena- pena akan memungkinkan arus sumber jika resistor internal pull-up diaktifkan. Pena Port A adalah *tri-stated* saat suatu kondisi reset menjadi aktif, sekalipun waktu habis.

3. Port B (PB7..PB0)

Port B adalah suatu bandar I/O 8-bit dua arah dengan resistor *internal pull-up* (yang dipilih untuk beberapa bit). Port B *output buffer* mempunyai karakteristik gerakan simetris dengan keduanya sink tinggi dan kemampuan sumber. Sebagai *input*, pena Port B yang secara eksternal ditarik rendah akan arus sumber jika resistor *pull-up* diaktifkan. Pena Port B adalah *tri-stated* saat suatu kondisi *reset* menjadi aktif, sekalipun waktu habis.

4. Port C (PC7..PC0)

Port C adalah suatu Port I/O 8-bit dua arah dengan resistor internal *pullup* (yang dipilih untuk beberapa bit). Port C *output buffer* mempunyai karakteristik gerakan simetris dengan keduanya sink tinggi dan kemampuan sumber. Sebagai *input*, pena bandar C yang secara eksternal ditarik rendah akan arus sumber jika resistor *pull-up* diaktifkan. Pena Port C adalah *tri-stated* saat suatu kondisi *reset* menjadi aktif, sekalipun waktu habis

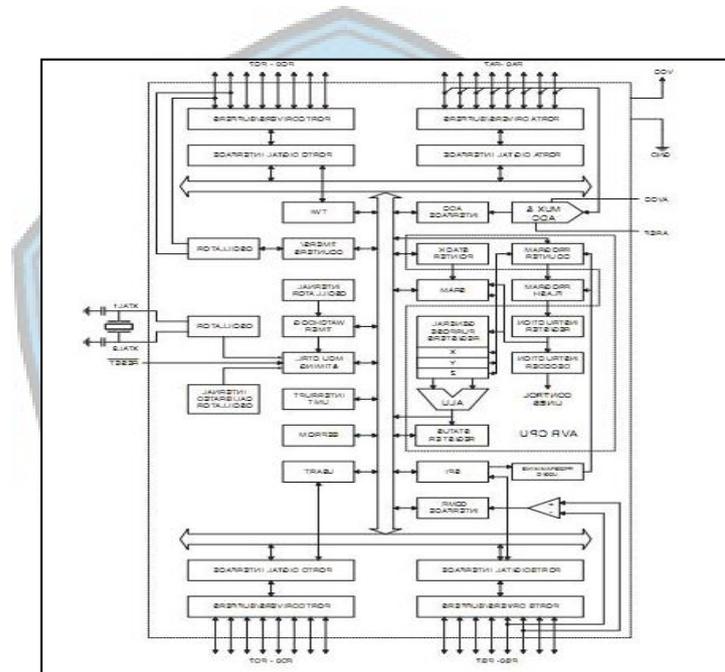
5. Port D

Port D adalah suatu bandar I/O 8-bit dua arah dengan resistor internal pull-up (yang dipilih untuk beberapa bit). Port D *output buffer* mempunyai karakteristik gerakan simetris dengan keduanya sink tinggi dan kemampuan

sumber. Sebagai *input*, pena Port D yang secara eksternal ditarik rendah akan arus sumber jika resistor pull-up diaktifkan. Pena Port D adalah tri-stated jika suatu kondisi reset menjadi aktif, sekalipun waktu habis.

6. RESET (Reset input)
7. XTAL 1 (Input Oscilator)
8. XTAL 2 (Outut Oscilator)
9. AVCC adalah pena penyedia tegangan untuk Port A dan Konverter A/D
10. AREF adalah pena referensi analog untuk converter A/D

Gambar 2.5 adalah gambar tentang blog mikrokontroler AT Mega 16 yang akan digunakan pada penelitian ini



Gambar 2.5 Diagram blog AT Mega 16

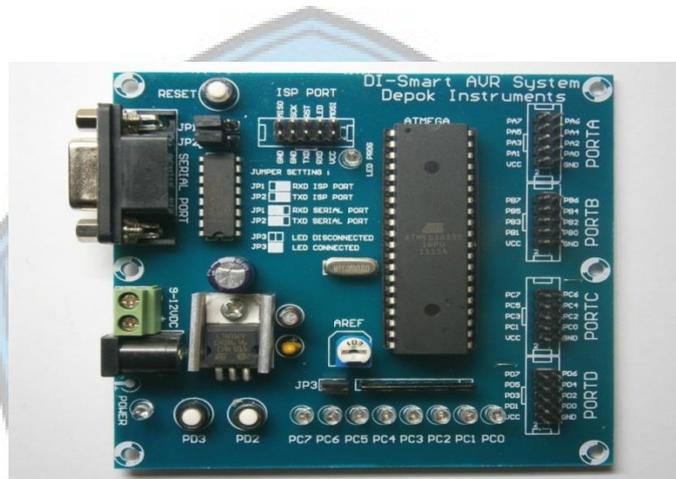
(<http://Alifiyahrohmatulhidayati.blogspot .co.id/2015/01/arsitektu.atmega16html>)

2.7. Sistem Minimum AT Mega 16

Sistem minimum (sismin) mikrokontroler adalah rangkaian elektronik minimum yang diperlukan untuk beroperasinya IC mikrokontroler. Pada umumnya, suatu mikrokontroler membutuhkan dua elemen (selain power supply) untuk berfungsi: Kristal Oscillator (XTAL), dan Rangkaian RESET. Analogi fungsi Kristal *Oscillator* adalah jantung pada tubuh manusia. Perbedaannya, jantung

memompa darah dan seluruh kandungannya, sedangkan XTAL memompa data. Dan fungsi rangkaian RESET adalah untuk membuat mikrokontroler memulai kembali pembacaan program, hal tersebut dibutuhkan.

Pada saat mikrokontroler mengalami gangguan dalam meng-eksekusi program. Pada sistem minimum AVR khususnya ATMEGA16 terdapat elemen tambahan (optional), yaitu rangkaian pengendalian ADC: AGND (= GND ADC), AVCC (VCC ADC), dan AREF (= Tegangan Referensi ADC). Jangan lupa tambahkan konektor ISP untuk mengunduh (download) program kemikrokontroler. Rangkaian sistem minimum mikrokontroler AVR ATMEGA16 dapat dilihat pada gambar 2.5 tentang system AT Mega 16



Gambar 2.5 Sistim AT Mega 16

([URL:http://depokinstruments.com/2001/06/03/di-smart-avr-16-sistem-sistem-minimum-mikrokontroler-avr-atmega16/](http://depokinstruments.com/2001/06/03/di-smart-avr-16-sistem-sistem-minimum-mikrokontroler-avr-atmega16/))

2.8. Downloader

Downloader bisa diibaratkan sebagai jembatan penghubung antara system minimum dengan PC agar program dapat diisikan dari PC ke dalam mikrokontroler Atmega pada sistem minimum atau alat yang sedang kamu buat. Terdapat 5 pin yang digunakan untuk menghubungkan dari mikrokontroler ke downloader, yaitu: mosi, miso, SCK, reset, ground. Gambar 2.6 merupakan gambar downloader.



Gambar 2.6 Downloader

2.9. Software Codevision AVR

Codevision pada dasarnya merupakan perangkat lunak pemrograman mikrokontroler keluarga AVR berbasis bahasa C. Ada tiga komponen penting yang telah diintegrasikan dalam perangkat lunak ini: *Compiler C*, IDE dan Program generator.

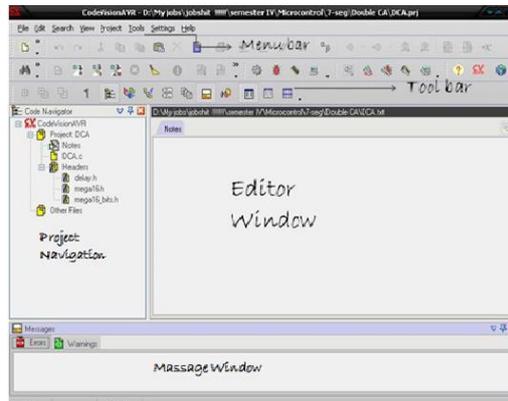
Codevision AVR merupakan sebuah *cross-compiler C*, *Integrated Development Environment (IDE)*, dan Automatic Program Generator yang didesain untuk mikrokontroler buatan Atmel seri AVR. *Cross-compiler C* mampu menerjemahkan hampir semua perintah dari bahasa ANSI C, sejauh yang diijinkan oleh arsitektur dari AVR, dengan tambahan beberapa fitur untuk mengambil kelebihan khusus dari arsitektur AVR dan kebutuhan pada *system embedded*.

CodeVision AVR juga mempunyai *Automatic Program Generator* bernama CodeWizardAVR, yang memungkinkan anda untuk menulis, dalam hitungan menit, semua instruksi yang diperlukan untuk membuat beberapa fungsi-fungsi tertentu. Dengan fasilitas ini mempermudah para programmer pemula untuk belajar pemrograman mikrokontroler menggunakan CVAVR. Secara garis besar bagian-bagian CVAVR dapat dilihat pada gambar 2.7 tentang software codevision AVR.

Disamping library standar C, CodeVisionAVR C compiler memiliki library lain untuk:

- Modul LCD Alphanumerik
- Delays
- Protokol semikonduktor Maxim/Dallas

➤ Dan lainnya



Gambar 2.7 Software Codevision AVR

(<https://tugaspti1401101100051.wordpress.com>)

Dalam codevisionAVR ada perintah dari bahasa C. Berikut ini penjelasan bahasa C dan aturan penulisan program dalam bahasa C yang akan digunakan dalam pemrograman *instrument*.

1. Struktur Pemrograman

SFDH Secara umum, pemrograman C paling sederhana dilakukan hanya dengan menuliskan program utamanya saja, yaitu:

```
Voidmain(void)
{
.....
}
```

2. Header

Header berisi *include file(.hex)* yaitu *library* (pustaka) yang akan digunakan dalam program, dengan *header* utama berupa *header* jenis *chip* mikrokontroler yang dipakai.

Contoh:

```
#include<mega16.h>
.....
```

3. Percabangan

a) *if-then*

Bentuk umum dari percabangan ini adalah :

```
if (kondisi) {
//pernyataan
```

};

Artinya adalah pernyataan akan dijalankan jika kondisi terpenuhi.

b) *if-then-else*

Bentuk umum dari percabangan ini adalah:

20

If(kondisi){

//pernyataana

}

else {

//pernyataan b

};

Artinya adalah pernyataan a akan dijalankan jika kondisi terpenuhi dan pernyataan b akan dijalankan bila kondisi tidak terpenuhi.

(Frieyadi,2006)

4. *Looping* (Perulangan)

a) *for*

Pernyataan *for* akan melakukan perulangan beberapa kali sesuai dengan yang diinginkan. Struktur penulisan perulangan *for* yaitu:

.....

for (mulai; kondisi; penambahan; atau pengurangan)

{pernyataanpernyataan};

};

Mulai adalah pemberian nilai awal, kondisi adalah pengkondisian dalam *for* yaitu jika kondisi bernilai *true* maka pernyataan dalam *for* akan dijalankan. Sedangkan penambahan atau pengurangan adalah penambahan atau pengurangan terhadap nilai awal

2.11. Sensor

Sensor yang digunakan adalah sensor MQ 2 untuk CO dan MQ 7 untuk HC yaitu:

a. Sensor MQ 2

Sensor gas asap MQ-2 ini mendeteksi konsentrasi gas yang mudah terbakar di udara serta asap dan *output* membaca sebagai tegangan analog (*Datasheet* Sensor Gas Dan Asap MQ-2 ,2011). Pada gambar 2.8 dapat dilihat bentuk jelasnya dari sensor MQ2. Sensor gas asap MQ-2 dapat langsung diatur sensitifitasnya dengan memutar trimpot. Sensor ini biasa digunakan untuk mendeteksi kebocoran gas baik di rumah maupun di industri. Gas yang dapat dideteksi diantaranya : LPG, *i-butane*, *propane*, *methane*, *alcohol*, *Hydrogen*, dan *smoke*. Sensor ini akan digunakan dalam pembacaan gas CO.

Spesifikasi Teknis sensor:

- Catu daya pemanas : 5V AC/DC
 - Catu daya rangkaian : 5VDC
 - Range pengukuran :
 - 200 – 5000ppm untuk LPG, *propane*
 - 300 – 5000ppm untuk *butane*
 - 5000 – 20000ppm untuk *methane*
 - 300 - 5000ppm untuk Hidrogen
 - 100 - 2000ppm untuk alkohol
- Luaran : analog (perubahan tegangan).



Gambar 2.8 Sensor MQ 2

Sensor pada gambar 2.9 dapat mendeteksi konsentrasi gas yang mudah terbakar di udara serta asap dan keluarannya berupa tegangan analog. Sensor dapat mengukur konsentrasi gas mudah terbakar dari 300 sampai 10.000 sensorppm. Dapat beroperasi pada suhu dari -20°C sampai 50°C dan mengkonsumsi arus kurang dari 150 mA pada 5V.

Tabel 2.4 Datasheet Sensor MQ -2

| Technical Data | | |
|------------------------|-----------------------|--|
| Model No. | | MQ-2 |
| Sensor Type | | Semiconductor |
| Standard Encapsulation | | Bakelite (Black Bakelite) |
| Detection Gas | | Combustible gas and smoke |
| Concentration | | 300-10000ppm (Combustible gas) |
| Circuit | Loop Voltage | V_C $\leq 24V$ DC |
| | Heater Voltage | V_H $5.0V \pm 0.2V$ AC or DC |
| | Load Resistance | R_L Adjustable |
| Character | Heater Resistance | R_H $31\Omega \pm 3\Omega$ Room Tem. |
| | Heater consumption | P_H $\leq 900mW$ |
| | Sensing Resistance | R_S $2K\Omega - 20K\Omega$ (in 2000ppm C_3H_8) |
| | Sensitivity | S $R_S(\text{in air})/R_S(1000ppm \text{ isobutane}) \geq 5$ |
| | Slope | α $\leq 0.6(R_{5000ppm}/R_{3000ppm} CH_4)$ |
| Condition | Tem. Humidity | $20 \pm 265\% \pm 5\%RH$ |
| | Standard test circuit | $V_C: 5.0V \pm 0.1V$ $V_H: 5.0V \pm 0.1V$ |
| | Preheat time | Over 48 hours |

(Sumber : (www.seedstudio.com/depot/datasheet/MQ-2)

b. Sensor MQ 7

Merupakan sensor gas analog, yang sangat baik digunakan untuk mendeteksi LPG, polusi kota, maupun gas alam dengan mengabaikan noise gas seperti alkohol, dan asap rokok. Sensor ini akan digunakan dalam pembacaan gas HC. Gambar 2.9 adalah bentuk fisik dari sensor MQ7 dan pada tabel 2.4 tentang spesifikasi sensor MQ7



Gambar 2.9 Sensor MQ7

Spesifikasi Teknis sensor:

- Catu daya : 5V AC/DC

- Catu daya rangkaian : 5VDC
- Range pengukuran: 200 – 10000 ppm LPG, LNG, *Natural* gas, *isobutane*, *propane*
- Mampu mengukur gas LPG, Natural gas, Town gas
- Terhindar dari gangguan gas alkohol dan asap
- Output : analog (perubahan tegangan) dengan tambahan Rload

Tabel 2.5 Datasheet Sensor MQ7

| | | | |
|------------------------|-----------------------|--|---|
| Model No. | | MQ-7 | |
| Sensor Type | | Semiconductor | |
| Standard Encapsulation | | Plastic | |
| Detection Gas | | Carbon Monoxide | |
| Concentration | | 10-10000ppm CO | |
| Circuit | Loop Voltage | V_c | $\leq 10V$ DC |
| | Heater Voltage | V_H | 5.0V \pm 0.2V AC or DCHigh 1.5V \pm 0.1V AC or DCLow |
| | Heater Time | T_L | 60 \pm 1SHigh 90 \pm 1SLow |
| | Load Resistance | R_L | Adjustable |
| Character | Heater Resistance | R_H | 31 Ω \pm 3 Ω Room Tem. |
| | Heater consumption | P_H | $\leq 350mW$ |
| | Sensing Resistance | R_s | 2K Ω -20K Ω (in 100ppm CO) |
| | Sensitivity | S | $R_s(\text{in air})/R_s(100\text{ppm CO}) \geq 5$ |
| | Slope | α | $\leq 0.6(R_{300\text{ppm}}/R_{100\text{ppm CO}})$ |
| Condition | Tem. Humidity | 20 \pm 265% \pm 5%RH | |
| | Standard test circuit | V_c : 5.0V \pm 0.1V $V_{H\text{High}}$: 5.0V \pm 0.1V $V_{H\text{Low}}$: 1.5V \pm 0.1V | |
| | Preheat time | Over 48 hours | |

(Sumber : [www.seedstudio.com/depot/datasheet MQ7](http://www.seedstudio.com/depot/datasheet/MQ7))

2.12 LCD

LCD (*Liquid Crystal Display*) merupakan perangkat *display* yang paling umum dipasangkan ke mikrokontroler dan juga mudah pada proses perangkaiannya. Pada alat yang dibuat ini menggunakan LCD dengan ukuran 16 x 2 dapat dilihat pada gambar 2.10. Dipilih LCD dengan ukuran tersebut dikarenakan pada alat ini hanya menampilkan tampilan yang sedikit dan dengan LCD 16x2 sudah cukup untuk menampilkan data yang ingin ditampilkan. Karena memiliki ukuran yang kecil dan kemampuan menampilkan karakter atau grafik yang lebih baik dari *display seven segment* ataupun *alphanumeric*.

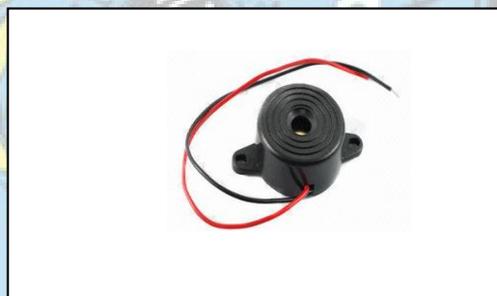
LCD nanti akan menampilkan kadar jumlah CO dan HC sesuai dengan besarnya gas yang diterima oleh sensor melalui tulisan yang dibuat melalui program bahasa C.



Gambar 2.10 LCD 16 x 2

2.13 Buzzer

Buzzer berfungsi untuk memberikan peringatan berupa suara saat mobil atau kendaraan melebihi ambang batas. Bentuk fisik dari buzzer dapat dilihat pada gambar 2.11.



Gambar 2.11 Buzzer

Spesifikasi *buzzer*:

- *Operating voltage range*: 3 to 25Vp-p)
- *Rated voltage*: 24Vp-p
- *Sound pressure level*: minimum 85dB at 30cm at rated voltage
- *Rated current*: 10mA maximum
- *Frequency of output signal*: 3000 \pm 500Hz (squarewave)
- *Operating temperature*: -20 to 60°C
- *Storage temperature*: -30 to 70°C

- *Dimension*: $\varnothing 23 \times (H) 12.0\text{mm}$
- *Environment-protection regulation*: RoHS
- *Weight*: 8g

2.14 Baterai Li-Po (Lithium Power)

Baterai Li-Po adalah snigkatan Lithium Polymer, baterai ini bersifat cair (*Liquid*), menggunakan elektrolit polimer yang padat, dan mampu menghantarkan daya lebih cepat dan jenis baterai ini adalah hasil pengembangan dari *Lithium Ion*. Baterai Li-Po ini disebut sebagai baterai ramah lingkungan. Merupakan jenis baterai *recharge2able* yang sering digunakan pada RC pesawat atau helicopter. Dapat dilihat pada gambar 2.12 mengenai bentuk dari baterai li-po.

Baterai Li-Po memiliki tiga keuntungan utama jika dibandingkan dengan jenis baterai lain seperti NiCd dan NiMH, yaitu:

1. Ukuran yang lebih kecil dan ringan
2. Memiliki kapasitas yang besar
3. Mampu men-*discharge* arus yang besar (umumnya digunakan untuksupply motor)

Istilah-istilah pada baterai Lipo

1. C = *Capacity* (contoh : 20C)
2. mAh = Semakin besar semakin awet baterai dalam penggunaan
3. S = Cell (Contoh : 3S)
4. V = Volt (Contoh : 11.1V)



Gambar 2.12 Baterai Lipo

Spesifikasi baterai

- *Capacity* : 2200mAh
- *Voltage* : 3S1P / 3 Cell / 11.1V
- *Discharge* : 25C Constant / 50C Burst
- *Weight* : 187g (including wire, plug & case)
- *Dimensions* : 106x35x24mm
- *Balance Plug* : JST-XH
- *Discharge Plug*: XT60

2.15 Push Button /Switch

Digunakan untuk memutus dan mnghubungkan rangkaian pada sistem. Ada 4 push button yang digunakan, mengenai bentuk dari push button dapat dilihat pada gambar 2.13.

a. Push Button 1

Merupakan saklar on/off untuk menghidupkan dan menyalurkantegangan dan arus dari baterai

b. Push Button 2

Tombol *reset* digunakan untuk mengulangi atau mengembalikan program ke settingan awal pemograman rangkaian

c. Push Button 3

Tombol untuk setting ukur ambang batas untuk mobil tahun pembuatan < 2007

d. Push Button 4

Tombol untuk setting ukur ambang batas untuk mobil tahun pembuatan > 2007



Gambar 2.13 Push Button

BAB III

METODE PERANCANGAN

3.1. Alat dan Bahan

Materi perancangan yang digunakan dibagi menjadi dua bagian yaitu:

a. Alat

- Multitester / multimeter
- Laptop
- Software proteus untuk membuat simulasi rangkaian
- Software untuk memprogram mikro kontroler codevision AVR

b. Bahan

- Sistem minimum *mikrkontroller AT Mega 16*
- 1 buah minimum *mikrokontroller AT Mega 16*
- 1 buah sensor gas MQ 2 dan MQ 7
- 1 buah LCD 16 x2
- Power supply baterai li-po 220 mah
- Buzzer
- Push button
- Tenol (bahan yang digunakan untuk menempelkan komponen)
- Downloader
- Solder
- Pralonukuran 3 inch

3.2. Biaya Perancangan

Adapun biaya perancangan dari pembuatan alat ukur emisi gas buang kendaraan karbon monoksida (CO) dan hidro karbon (HC) berbasis *mikrokontroller* ini dengan biaya sendiri dikarenakan perancangan ini bersifat pribadi.

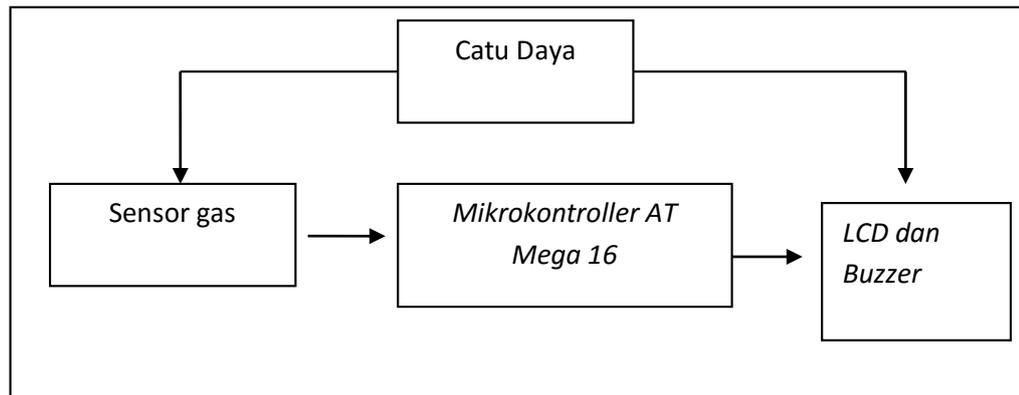
Adapun rinciannya adalah sebagai berikut :

1. LCD = Rp 300.000
2. Mikrokontroller = Rp 100.000
3. Sensor MQ7 = Rp 125.000
4. Sensor MQ 2 = Rp 125.000

| | |
|---------------|----------------|
| 5. Batre Lipo | = Rp 180.000 |
| 6. Cover | = Rp 50.000 |
| Jumlah | = Rp 880.000,- |

3.3. Desain Perancangan

Blok diagram keseluruhan dari rangkaian alat dapat dilihat pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Blok Diagram Rangkaian

Perancangan perangkat keras (*Hardware*) dari alat ukur emisi gas buang Co dan HC berbasis *mikrokontroler* ini terdiri dari tiga bagian :

1. Catu Daya

Catu daya berfungsi mengaktifkan rangkaian. Catu daya yang digunakan adalah baterai lippo yang menggunakan elektrolit polimer yang padat, dan mampu menghantarkan daya lebih cepat dan jenis baterai ini adalah hasil pengembangan dari *Lithium Ion*. Baterai Li-Po ini disebut sebagai baterai ramah lingkungan dengan spesifikasi

$C = \text{Capacity}$ (contoh : 20C

mAh = Semakin besar semakin awet baterai dalam penggunaan

$S = \text{Cell}$ (Contoh : 3S)

$V = \text{Volt}$ (Contoh : 11.1V)

2. Sensor gas

Sensor yang digunakan dalam perancangan ini adalah sensor MQ2 dan sensor MQ7. Sensor gas asap MQ-2 ini mendeteksi konsentrasi gas

karbon monoksida (CO) dan sensor gas MQ7 mendeteksi konsentrasi gas hidro karbon (HC)

3. *Mikrokontroller AT Mega 16*

Mikrokontroller ini berfungsi sebagai pengolah sinyal analog ke digital yang akan disampaikan pada pemakai. Pengolah sinyal analog ke digital akan diproses ADC internal dari *mikrokontroller* ini

4. LCD dan Buzzer

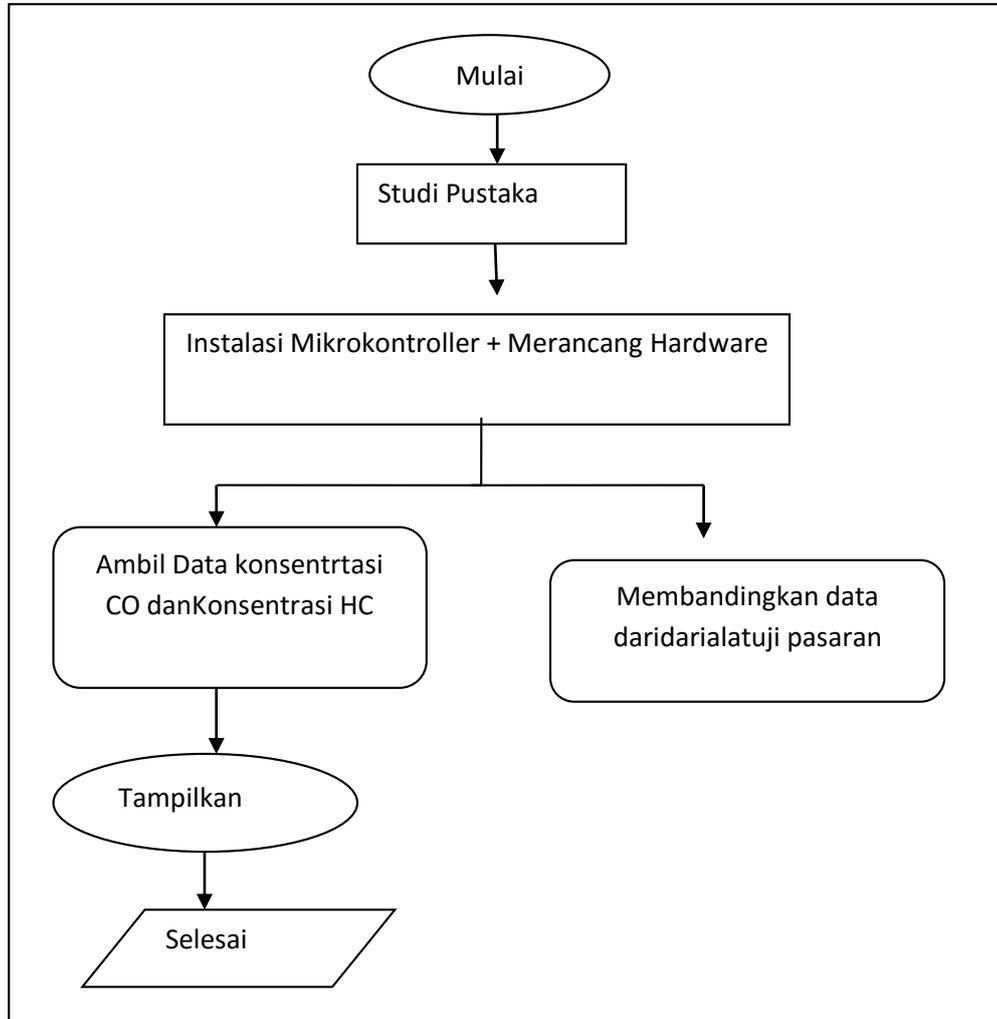
LCD berfungsi sebagai penampil hasil gas emisi gas buang yang telah diukur. Aktuator yang digunakan adalah buzzer, buzzer dapat bekerja atau berbunyi sesuai dengan setingan pembacaan sensor sesuai tombol ukur bawah 2007 dan ukur atas 2007. Kerja sensor sendiri agar maksimal yaitu Setingan minimal pembacaan sensor tombol ukur bawah 2007 dan atas 2007 di tampilkan pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Batas Minimal Buzzer Bekerja/Berbunyi

| Ukur bawah 2007 | | Ukur atas 2007 | |
|-----------------|----|----------------|------|
| HC | CO | HC | CO |
| 30ppm | 1% | 0ppm | 2,5% |

3.4. Tahapan Perancangan

Untuk lebih jelasnya, maka penulis akan membuat *Flow Chart Diagram* untuk proses pembuatan alat ukur CO dan HC dapat dilihat pada gambar 3.1



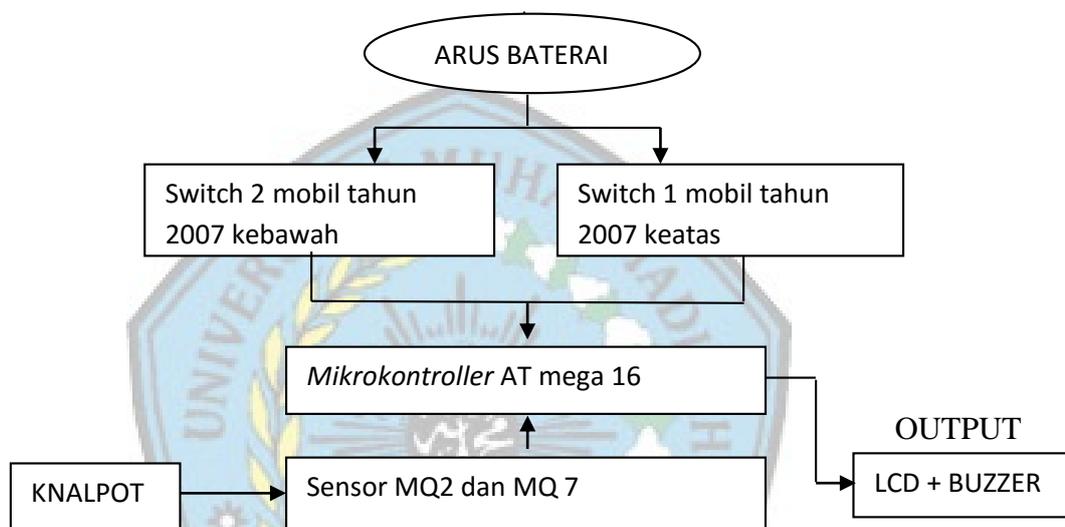
Gambar 3.1 Tahapan Perancangan

Pada tahapan perancangan ini, langkah yang pertama dilakukan adalah studi pustaka, yaitu mencari referensi-referensi dari perancangan terdahulu maupun buku-buku yang akan digunakan yang berkaitan dengan emisi dan mikrokontroler. Dilanjutkan dengan mengkonsep alat ukur yang akan dibuat dengan membagi menjadi dua tahapan yaitu membuat *hardware* (perangkat keras) kemudian membuat diagram rangkaian menggunakan aplikasi ISIS PROTEUS dan pembuatan bahasa C untuk pengaturan program perintah. Setelah itu proses pekerjaan pertama dan kedua digabungkan. Setelah selesai kemudian di uji

tampilakan pada LCD 16x 2 dan hasilnya akan dilanjutkan dengan pengambilan data pada kendaraan yang kan diuji emisinya, setelah mendapatkan datanya kita bandingkan jika kendararan tersebut kita uji pada alat uji yang buatan pabrik asli, kemudian akan ketemu nilai error dari alat yang dirancang.

3.5. Cara Kerja Alat

Gambar 3.2 menunjukkan cara kerja alat yang sudah dirancang, Penulis Membuat diagram rangkaiannya agar lebih mudah dimengerti.



Gambar 3.2 Cara Kerja Alat

Setelah melakukan beberapa kali percobaan maka didapatkan cara untuk mengoperasikan alat yang baik adalah sebagai berikut :

1. Pastikan bahwa suhu ruangan diatas 37°
2. Siapkan kendaraan yang akan diuji pada tempat yang kering
3. Hidupkan alat tunggu sampai LCD (*Liquid Crystal Display*) menunjukkan nilai yang stabil
4. Tekan tombol switch 1 atau 2 ditekan maka sensor MQ 2 dan MQ 7 akan mendapatkan input gas emisi yang ada pada knalpot berupa tegangan sinyal analog yang dikirimkan lewat port ADC yang kemudian tegangan yang diterima dikirimkan ke Mikrokontroller AT Mega16 yang didalamnya sudah di isi program bahasa pemograman c yang kemudian

akan diproses menurut program yang dibuat dari software Codevision AVR yang output dari alat ini yaitu ditampilkan lewat LCD dan Buzzer.

5. Untuk keakuratan pengukuran lakukan pengamatan selama 2 menit untuk setiap perubahan nilainya
6. Jika sudah selesai maka matikan alat dengan menekan off.

3.6. Kalibrasi Alat

Kalibrasi adalah membandingkan rancangan alat ukur emisi gas buang karbon monoksida (CO) dan hidro karbon (HC) dengan alat yang dimiliki Dinhubkominfo Kabupaten Demak yaitu CO/ HC Tester seperti pada gambar 3.3 dibawah ini.

Adapun spesifikasi CO/ HC Tester sebagai berikut :

Merek : Banzai
Model : MX.002(MEXA-554J)
MFG.No : J40482
Measuring Range : CO = 0-10,00% vol , HC = 0-10.000 ppmvol
Power AC : 100-240V 50/60 VA
Date : 2003.3.26



Gambar 3.3 Alat uji Pasaran

3.7. Metode Pengambilan Data

Data yang diambil adalah besar kandungan konsentrasi gas karbon monoksida (CO) dan konsentrasi hidrokarbon (HC) yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor roda 4 dengan tipe mesin 4 langkah dan diproduksi dibawah tahun 20007 dan diatas

2007. Konsentrasi karbon monoksida adalah perbandingan volume dari karbon monoksida (CO) yang terkandung di dalam gas buang dan dinyatakan dengan persen (%). Konsentrasi hidrokarbon adalah perbandingan dari hidro karbon (HC) yang dipersamakan dalam C_6H_{14} dalam gas buang yang dinyatakan dalam ppm (*part per million*).



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Perancangan

Pada Tugas Akhir ini menghasilkan rancangan alat ukur emisi gas buang CO dan HC berbasis mikrokontroler dengan menggunakan mikrokontroler AT Mega 16 dan sensor MQ2 dan MQ7 seperti terlihat pada gambar 4.1



Gambar 4.1 Alat ukur emisi gas buang CO dan HC berbasis mikrokontroler

Keterangan gambar :

1. Sensor gas MQ 2 untuk gas CO
2. Sensor gas MQ7 untuk gas HC
3. Baterai li-po
4. LCD 16 X 2
5. *Push button* untuk program ukurmobiltahundibawah 2007
6. *Buzzer*
7. Rangkaian minimum AT Mega16
8. *Push button* untuk program ukurmobiltahundiatas 2007
9. Tombol *Reset*
10. Saklar ON/OFF

Spesifikasi alat ukur emisi gas buang CO dan HC berbasis *mikrokontroller*

1. Sensor gas CO dan HC : Sensor MQ2 dan MQ7
2. Mikrokontroller : AT Mega 16
 - Tegangan masukan : 4,5 – 5 Volt
 - Jumlah pin : 40 pin
 - Memiliki 4 port : Port A, Port B, Port C, Port D
3. Display : LCD 16x 2
4. Software : *CodeVision AVR*
5. Dimensi box : 18 x 12 x 5 cm
6. Berat alat ukur : 800 gr
7. Alat ukur emisi gas buang berbasis *mikrokontroller* memiliki berat
8. Catu daya menggunakan baterai lippo
9. Suhu pada saat operasi diatas 50 °C

4.2. Tampilan Layar

a. Hasil Rangkaian LCD

Hasil pengujian LCD menunjukkan LCD dapat menampilkan karakter sesuai dengan data masukan bahasa C. Ketika tombol saklar ON/OFF dihidupkan maka alat akan mendapatkan sumber tegangan dari baterai sehingga LCD akan langsung menampilkan karakter sesuai dengan data masukan dari bahasa pemrograman. Data masukan dan keluarannya yaitu:

Tabel 4.1 Data Program Input Dan Output

| DATA MASUKAN | DATA KELUARAN | DELAY/WAKT U |
|----------------------------|----------------------------|-----------------|
| YULIA UNIMUS | YULIA UNIMUS | 3000m/s |
| Alat uji emisi 0PPM 0CO | Alat uji emisi 0PPM 0CO | 4000m/s |

Saat tombol dihidupkan maka akan ada tampilan di layar LCD 16X2 bertuliskan YULIA UNIMUS waktu tampilan selama 3000ms. Setelah tampilan 3000ms YULIA UNIMUS selesai maka layar LCD akan hilang atau clear kemudian akan menampilkan program lain atau tampilan

lanjutan di layar LCD pertuliskan alat uji emisi dan baris kedua bertuliskan O ppm dan CO selama 4000ms. Tampilan pada LCD dapat dilihat pada gambar 4.2



Gambar 4.2 Tampilan Layar

b. Pengujian Tombol

Pengujian tombol dilakukan untuk mulai perintah program utama atau perintah.

Ada 2 tombol setting perintah program utama ditunjukkan pada gambar 4.3.

- Tombol Ukur bawah 2007



Gambar 4.3 Pengujian Tombol Ukur Bawah 2007

Setelah dilakukan pengujian tombol ukur bawah 2007 LCD akan menampilkan tampilan sesuai gambar diatas. Tampilan tersebut sesuai dengan program perintah yang dibuat. Sensor gas MQ 2 dan MQ 7 akan membaca kandungan gas yang ada di sekitar kita atau gas buang kendaraan bermotor. Sensor MQ 7 mendeteksi HC dan MQ 2 mendeteksi CO.

- Tombol Reset
Seperti ditunjukkan pada gambar 4.4



Gambar 4.4 Pengujian Tombol Reset

Dari gambar di atas button reset dapat menampilkan dan berfungsi untuk memulai atau mengembalikan perintah awal sesuai dengan bahasa yang di buat di awal pemograman.

- c. Hasil pengujian sensor dan aktuator

Sebelum memulai pengujian sensor sebaiknya sensor dalam keadaan panas atau suhu tinggi agar pembacaan sensor dapat maksimal. Karena

karakteristik dari kedua sensor akan tingkat sensitifitas akan stabil saat kondisi suhu tinggi (diatas 50°C)



Gambar 4.5 Pembacaan Sensor

Pada gambar dapat dilihat bahwa sensor dapat membaca kandungan gas yang ada. Pengujian sensor dengan asap atau hasil bakar kertas. Sensor MQ 2 dapat membaca kandungan gas CO dan sensor MQ 7 dapat membaca gas HC. Aktuator yang digunakan adalah buzzer, buzzer dapat bekerja atau berbunyi sesuai dengan setingan pembacaan sensor sesuai tombol ukur bawah 2007 dan ukur atas 2007. Kerja sensor sendiri agar maksimal yaitu setingan minimal pembacaan sensor tombol ukur bawah 2007 dan atas 2007 di tampilkan pada tabel 4.

Tabel 4.2 Batas Minimal Buzzer Bekerja/Berbunyi

| ukur bawah 2007 | | ukur atas 2007 | |
|-----------------|----|----------------|------|
| HC | CO | HC | CO |
| 30ppm | 1% | 0ppm | 2,5% |

4.3. Hasil Pengukuran Gas CO Pada Kendaraan di Bawah Tahun 2007

Sebelum memulai pengujian ada beberapa hal yang harus dipersiapkan

- a. Kondisi ruangan
 - Temperatur ruangan 25 ± 10^0 C
 - Tempat uji datar tidak miring
- b. Kondisi kendaraan

- Kendaraan yang diuji berada pada tempat datar
- Kendaraan harus berada dalam tanpa beban
- Kendaraan dengan transmisi biasa posisi gigi harus berad pada posisi netral (N) dan kopling pada posisi bebas
- Kendaraan dengan transmisi otomatis, posisi tuas pemindah harus netral (N) atau parkir (P)
- Kap motor dalam keadaan tertutup baik dan kipas pendingin tidak digunakan

c. Persipan kendaraan yang akan di uji

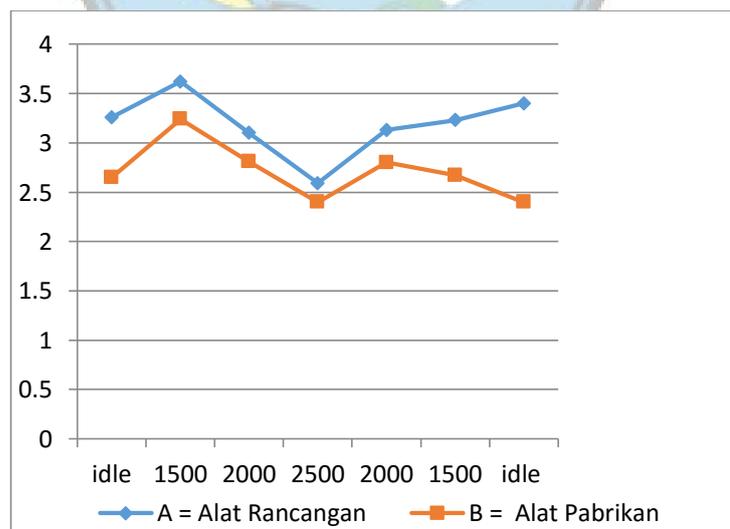
- Motor penggerak terlebih dahulu dipanaskan hingga mencapai suhu kerja normal
- Choke dalam keadaan tidak bekerja
- Periksa apakah ada kebocoran pada sistem gas buang, motor penggerak
- Thermometer atau alat ukur lain digunakan untuk mengukur suhu kerja mesin (70 – 80 °C)
- Putaran Idling motor
Penggerak harus stabil dan waktu pengapian sesuai dengan spesifikasi pabrik. (Pemasangan sensor RPM)
- Setelah pemanasan selesai, putaran motor dinaikkan sampai putaran 2500 rpm, kemudian kembali pada putaran idling.

Untuk mengukur konsentrasi karbon monoksida dengan alat ukur CO dan HC berbasis *mikrokontroller* pada kendaraan bermotor tahun pembuatan 1997 merek Toyota kijang, sensor yang bekerja untuk mengukur konsentrasi CO adalah sensor MQ2. Adapun variabel dengan menggunakan putaran mesin yang berbeda mulai dari idle sampai 2500 rpm, maka output dari hasil pengujian gas CO yang menggunakan sensor MQ 2 didapatkan data pada tabel 4.3.

Tabel 4.3. Hasil Pengujian Sensor MQ 2 Untuk Kendaraan dibawah tahun 2007
(Pada Kendaraan Toyota Kijang Tahun 1997)

| Putaranmesin (Rpm) | Kadar CO (%) (Alat Rancangan) | Kadar CO (%) (Alat Pabrikan) | Error CO | % Error |
|-----------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------|---------|
| Idle | 3.26 | 2.65 | 0.61 | 18,71 |
| 1500 | 3.62 | 3.24 | 0.38 | 10,49 |
| 2000 | 3.1 | 2.81 | 0.29 | 9,35 |
| 2500 | 2.59 | 2.4 | 0.19 | 7,9 |
| 2000 | 3.13 | 2.8 | 0.33 | 10,54 |
| 1500 | 3.23 | 2.67 | 0.56 | 17,33 |
| Idle | 3.4 | 2.75 | 0,65 | 19,11 |
| Rata –Rata | | | 0,76 | 13,34 % |

Dari data –data hasil pengujian dapat dibuatkan grafik hasil konsentrasi CO pada kendaraan dibawah 2007 pada putaran tertentu dilihat pada gambar 4.6



Gambar 4.6 Grafik konsentrasi CO pada kendaraan di bawah tahun 2007

Menentukan % Error :

Dari data diatas dapat ditentukan error marginnya pada putaran tertentu dan error margin secara keseluruhan. Misal pada putaran mesin 2500 rpm .

Konsentrasi CO pada alat rancangan : 2,59 %

Konsentrasi CO pada alat pasaran : 2,4 %

Error CO = (kadar CO pada rancangan – kadar CO pada alat pasaran)

$$= 2,59 - 2,4$$

$$= 0,19$$

$$\% \text{ Error} = \frac{\text{Error CO}}{\text{Kadar CO pada Alat Pasaran}} \times 100 \%$$

$$= \frac{0,19}{2,4} \times 100$$

$$= 7,9 \%$$

$$\text{Error Margin Total} = \frac{\text{jumlah keseluruhan \% error}}{n}$$

$$= \frac{93,43}{7}$$

$$= 13,34 \%$$

4.4. Hasil Pengukuran Gas CO Pada Kendaraan di Atas Tahun 2007

Pengukuran gas karbon monoksida (CO) dengan menggunakan alat ukur CO dan HC berbasis *mikrokontroller* untuk tahun pembuatan diatas 2007 diaplikasikan pada kendaraan Daihatsu Ayla tahun pembuatan 2013. Pada saat pengujian sensor yang dapat membaca sinyal dari gas buang knalpot adalah sensor MQ2. Dengan variabel putaran mesin dari idle sampai 2500 rpm maka didapat hasil pada tabel 4.4 dan grafik pada gambar 4.7.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Sensor MQ 2 Untuk kendaraan diatas tahun 2007

| Putaran mesin (Rpm) | Kadar CO (Alat Rancangan) | Kadar CO (Alat Uji Banzai) | Error CO | % Error CO |
|---------------------|----------------------------|-----------------------------|----------|------------|
| Idle | 1.17 | 1.04 | 0.13 | 11,11 |
| 1500 | 1.54 | 1.36 | 0.18 | 11,68 |

| | | | | |
|-----------|------|------|------|--------|
| 2000 | 1.30 | 1.11 | 0.19 | 14,61 |
| 2500 | 1.09 | 0.89 | 0.2 | 18,34 |
| 2000 | 1,65 | 1.19 | 0.46 | 27,87 |
| 1500 | 2.21 | 1.78 | 0.43 | 19,45 |
| Idle | 2.24 | 1,78 | 0.46 | 20,53 |
| Rata-rata | | | 0,29 | 17,65% |

Menentukan % Error :

Hasil dari pengukuran dari tabel 4.4 didapatkan presentase error yaitu sebagai berikut :

Misal pada saat pengukuran pada putaran mesin 2000 rpm

Konsentrasi CO pada alat rancangan : 1.09

Konsentrasi CO pada alat pasaran : 0,89

Error CO = (kadar CO pada rancangan – kadar CO pada alat pasaran)

$$= 1,09 - 0,89$$

$$= 0,2$$

$$\% \text{ Error} = \frac{\text{Error CO}}{\text{Kadar CO pada ALat Pasaran}} \times 100 \%$$

$$= \frac{0,2}{1,09} \times 100$$

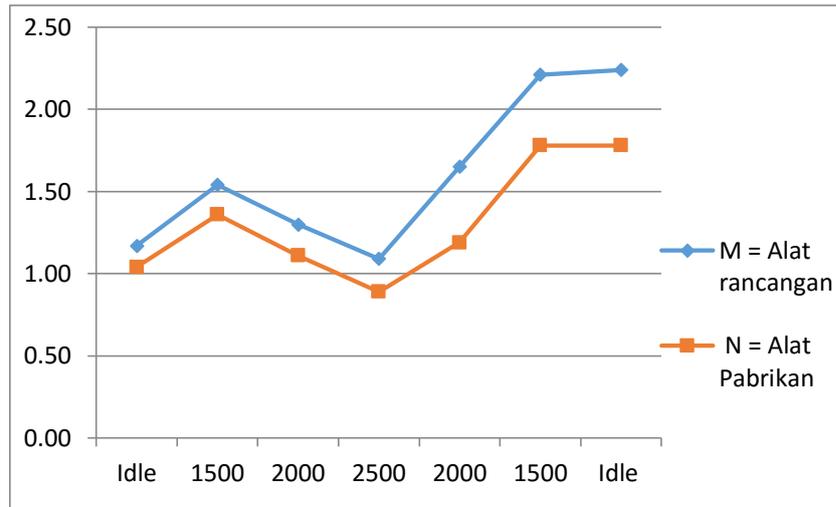
$$= 18,34 \%$$

$$\text{Error Margin Total} = \frac{\text{jumlah keseluruhan \% error}}{n}$$

$$= \frac{123,59}{7}$$

$$= 15,59 \%$$

Dari data diatas didapatkan bahwa error pengukuran konsentrasi CO adalah 0,29 atau dalam presentase 15,59 %.



Gambar 4.7 Grafik Konsentrasi CO

Alat ukur emisi gas buang CO dan HC berbasis *mikrokontroller* adalah suatu rancang bangun yang digunakan untuk mendeteksi gas buang CO dan HC pada kendaraan bermotor. Dalam rancang bangun alat ini ada beberapa komponen penting untuk mendeteksi gas CO dan HC yaitu *mikrokontroller* dan sensor. Mikrokontroller berfungsi sebagai pengkonversi sinyal analog yang dideteksi oleh sensor menjadi sinyal digital. Pada saat pengujian sensor ditempatkan diujung pralon penempatan sensor seperti itu supaya mendeteksi gas CO dan HC yang dibuang lewat knalpot kendaraan. Keunggulan alat ukur emisi gas buang CO dan HC berbasis *mikrokontroller* ini adalah murah, ringan dan mudah pengoperasiannya.

Pengujian alat ukur emisi gas buang ini dilakukan dengan cara membandingkan hasil pengukuran sensor dengan alat yang ada pada Dinhubkominformo Kabupaten Demak. Pengujian yang dilakukan ini sebagai kalibrasi alat yang dibuat dan pembandingan hasil yang ditampilkan pada alat rancang bangun ini. Sensor yang bekerja untuk mengukur konsentrasi CO adalah sensor MQ2, Perbandingan kandungan gas buang CO pada kendaraan yang diproduksi tahun dibawah 2007 dan diatas tahun 2007 terdapat perbedaan yang signifikan bahwa kendaraan yang diproduksi dibawah tahun 2007 tepatnya pada pengukuran di kendaraan tahun pembuatan 1997 sangat tinggi dapat dilihat pada gambar 4.7 dikarenakan gas karbon monoksida adalah gas yang relative tidak stabil dan cenderung bereaksi dengan unsur lain. Karbon monoksida, dapat diubah dengan mudah menjadi CO₂ dengan bantuan sedikit oksigen dan panas. Saat mesin bekerja dengan AFR yang tepat. Dengan bantuan air injection, maka CO dapat dibuat

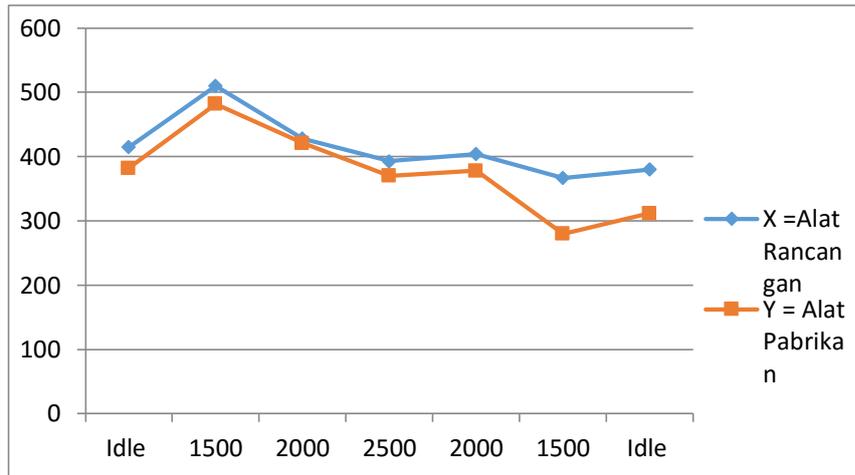
serendah mungkin mendekati 0%. Apabila AFR sedikit saja lebih kaya dari angka idealnya (AFR ideal = $\lambda = 1.00$) maka emisi CO akan naik secara drastis. Jadi tingginya angka CO menunjukkan bahwa AFR terlalu kaya dan ini bisa disebabkan antara lain karena masalah di fuel injection system seperti fuel pressure yang terlalu tinggi, sensor suhu mesin yang tidak normal, air filter yang kotor, PCV system yang tidak normal, karburator yang kotor atau setelahnya yang tidak tepat.

4.5. Hasil Pengukuran Gas Hidrokarbon (HC) Pada Kendaraan di Bawah Tahun 2007

Pengukuran konsentrasi gas hidrokarbon (HC) dengan alat ukur emisi gas buang berbasis *mikrokontroller* untuk kendaraan yang sama yaitu toyota kijang tahun 1997. Sama halnya dengan pengujian CO pengukuran sensor MQ 7 juga menggunakan putaran mesin yang berbeda mulai dari idle sampai 2500 rpm maka output dari hasil pengujian gas HC yang menggunakan sensor MQ 7 didapatkan data pada tabel 4.5 untuk kendaraan dibawah tahun 2007 dilakukan pada kendaraan toyota kijang tahun 1997.

Tabel 4.5. Hasil Pengujian Sensor MQ7 untuk kendaraan dibawah tahun 2007

| Putaranmesin (Rpm) | Kadar HC (Alat Rancangan) | Kadar HC (AlatUji Banzai) | Error HC | % Error HC |
|--------------------|----------------------------|----------------------------|----------|------------|
| Idle | 415 | 382 | 33 | 8,6 |
| 1500 | 510 | 482 | 28 | 5,8 |
| 2000 | 428 | 421 | 7 | 1,6 |
| 2500 | 393 | 370 | 23 | 6,2 |
| 2000 | 404 | 378 | 26 | 6,8 |
| 1500 | 367 | 280 | 87 | 31,07 |
| Idle | 380 | 312 | 68 | 21,7 |
| Rata –Rata | | | 38,85 | 11,68% |



Gambar 4.8 Grafik Pengujian Sensor MQ 7

Untuk kendaraan dibawah tahun 2007

Menentukan % Error Margin untuk pengukuran konsentrasi HC adalah :

Misal pada saat pengukuran pada putaran mesin 2500 rpm

Konsentrasi HC pada alat rancangan = 428

Konsentrasi HC pada alat pasaran = 421

Error HC = (kadar HC pada rancangan – kadar HC pada alat pasaran)

$$= 428 - 421$$

$$= 7$$

$$\% \text{ Error} = \frac{\text{Error HC}}{\text{Kadar HC pada ALat Pasaran}} \times 100 \%$$

$$= \frac{7}{421} \times 100$$

$$= 1,6 \%$$

$$\text{Error Margin Total} = \frac{\text{jumlah keseluruhan \% error}}{n}$$

$$= \frac{81,77}{7}$$

$$= 11,68 \%$$

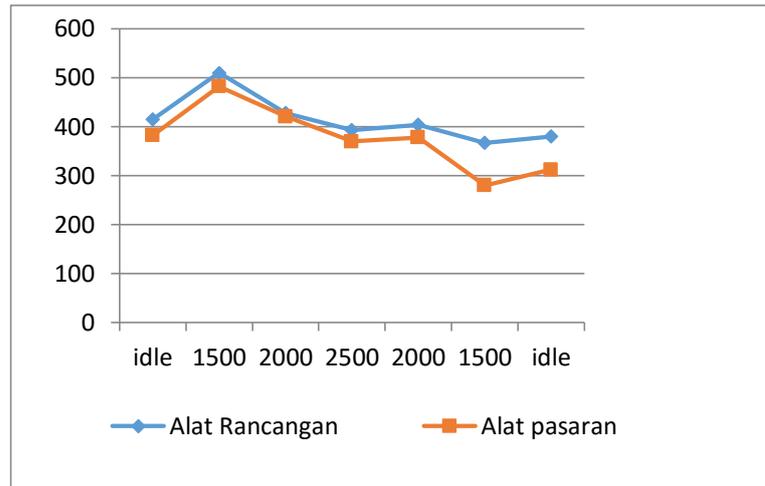
Dari data diatas didapatkan bahwa error pengukuran konsentrasi HC adalah 38,85 atau dalam presentase 11,68%.

4.6. Hasil Pengukuran Gas Hidrokarbon (HC) Pada Kendaraan di Atas tahun 2007

Pengukuran konsentrasi gas hidrokarbon (HC) dengan menggunakan alat rancangan alat ukur emisi gas buang CO dan HC berbasis mikrokontroller dilakukan pada kendaraan Daihatsu ayla tahun pembuatan 2013. Pengukuran ini akan menunjukan hasil emisi gas buang yang dikeluarkan lewat knalpot kendaraan dan hasilnya dapat dilihat pada tabel 4.6 dan grafik pada gambar 4.8 di bawah ini.

Tabel 4.6. Hasil Pengujian Sensor MQ 7 untuk kendaraan diatas tahun 2007

| Putaran mesin (Rpm) | Kadar HC (AlatRancangan) | Kadar HC (AlatUjiPabrikan) | Error HC | % Error HC |
|---------------------|---------------------------|-----------------------------|----------|------------|
| Idle | 120 | 112 | 8 | 7,14 |
| 1500 | 180 | 144 | 36 | 25 |
| 2000 | 202 | 182 | 20 | 10,9 |
| 2500 | 162 | 156 | 6 | 3,84 |
| 2000 | 144 | 136 | 8 | 5,8 |
| 1500 | 145 | 110 | 35 | 31,8 |
| Idle | 204 | 204 | 0 | 0 |
| Rata –rata | | | 16,14 | 12.09% |



Gambar 4.9 Grafik pengujian sensor MQ7 untuk kendaraan diatas tahun 2007

Menentukan % Error Margin untuk pengukuran konsentrasi HC pada pengukuran di atas tahun 2007 adalah :

Misal pada saat pengukuran pada putaran mesin 2500 rpm

Konsentrasi HC pada alat rancangan = 428

Konsentrasi HC pada alat pasaran = 421

Error HC = (kadar HC pada rancangan – kadar HC pada alat pasaran)

$$= 162 - 156$$

$$= 6$$

$$\% \text{ Error} = \frac{\text{Error HC}}{\text{Kadar HC pada Alat Pasaran}} \times 100 \%$$

$$= \frac{6}{156} \times 100$$

$$= 3,84 \%$$

$$\text{Error Margin Total} = \frac{\text{jumlah keseluruhan \% error}}{n}$$

$$= \frac{84,48}{7}$$

$$= 12,06 \%$$

Dari data diatas didapatkan bahwa error pengukuran konsentrasi HC adalah 16,14 atau dalam presentase 12.06%.

Dari beberapa data pengukuran diatas menunjukkan bahwa alat yang dirancang sudah dapat mengukur konsentrasi CO dan konsentrasi HC pada kendaraan. Dari hasil pengukuran yang telah dilakukan untuk hasil konsentrasi hidrokarbon kendaraan yang dibuat dibawah 2007 ternyata hasil HC tinggi hal ini dimungkinkan karena bensin adalah senyawa hidrokarbon, jadi setiap HC yang didapat di gas

buang kendaraan menunjukkan adanya bensin yang tidak terbakar dan terbuang bersama sisa pembakaran. Apabila suatu senyawa hidrokarbon terbakar sempurna (bereaksi dengan oksigen) maka hasil reaksi pembakaran tersebut adalah karbondioksida (CO₂) dan air (H₂O). Walaupun rasio perbandingan antara udara dan bensin (AFR=Air-to-Fuel-Ratio) sudah tepat dan didukung oleh desain ruang bakar mesin saat ini yang sudah mendekati ideal, tetapi tetap saja sebagian dari bensin seolah-olah tetap dapat “bersembunyi” dari api saat terjadi proses pembakaran dan menyebabkan emisi HC pada ujung knalpot cukup tinggi. Apabila emisi HC tinggi, menunjukkan ada 3 kemungkinan penyebabnya yaitu *Catalic converter* (CC) yang tidak berfungsi, AFR yang tidak tepat (terlalu kaya) atau bensin tidak terbakar dengan sempurna di ruang bakar.



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah penulis menyelesaikan perancangan dan pembuatan peralatan ini maka dapat disimpulkan bahwa

1. Dari alat yang dibuat penulis dapat mengetahui kandungan emisi gas buang karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC) pada kendaraan bermotor dengan menggunakan alat ukur emisi gas buang berbasis *mikrokontrollerr*. Jenis *mikrokontroller* yang dapat digunakan pada perancangan alat ukur emisi gas buang ini adalah jenis *mikrokontroller AT Mega 16*
2. Dari hasil pengujian yang dilakukan diketahui toleransi kesalahan (*margin error*) sensor MQ2 sebesar 13.34% dengan kendaraan dibawah tahun 2007, 17.65 % untuk kendaraan diatas tahun 2007 dan sensor MQ7 11,68% untuk kendaraan dibawah tahun 2007 dan 12,09% untuk kendaraan diatas tahun 2007

5.2 Saran

Setelah merancang alat ukur emisi gas buang berbasis *mikrokontroller*, penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam proses pembuatan dan perancangan alat ini. Namun penulis ingin menuliskan saran –saran untuk pembaca tulisan ini, antara lain

1. Alat ukur emisi gas buang CO dan HC berbasis *mikrokontroller* terdiri dari dua jenis sensor yaitu sensor HC dan sensor CO sebaiknya alat ukur gas buang ini terdiri dari beberapa jenis sensor sehingga dapat mengukur gas buang lainnya.
2. Alat ukur emisi gas buang CO dan HC berbasis *mikrokontroller* bisa digunakan siapa saja dan dimungkinkan untuk dikembangkan lebih baik lagi dengan menambahkan sensor atau lainnya sehingga mendapatkan hasil yang lebih akurat .
3. Sistem pengukuran gas buang dengan *Mikrokontroller AT Mega 16* ini belum bekerja secara maksimal, hal ini dapat dilihat pada saat digunakan masih sering menggunakan reset untuk mengembalikan ke posisi semula dan masih terlalu tinggi rentang perubahan pada setiap tampilan yang muncul.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriyanto, Heri, 2008; **Pemograman Mikrokontroller AVR AT Mega 16 Menggunakan Bahasa C**, Penerbit Informatika, Bandung
- Astu Pudjanarsa dan Djati Nursuhud, 2013; **Mesin Konversi Energi**, Penerbit Andi, Yogyakarta
- Babcock, I.R. Jr. 1970. **A combined pollution index for measurement of total air pollution**. J. Air Pol. Contr Assoc 20:653-659
- Daryanto, 2011; **Teknik Konversi Energi**, PT Sarana Tutorial Nurani Sejahtera, Bandung
- Fardiaz srikandi, 1992; **Polusi Air dan Udara**, Kanisius, Yogyakarta
- Irawan Bagus, 2013; **Rancang Bangun Catalytic Converter dengan Material Subtrat Tembaga (Cu) untuk mereduksi Emisi Gas CO**, Tesis MIL UNDIP
- Irawan Bagus, 2013; **Karakterisasi Katalis Tembaga Pada Catalytic Converter Untuk Mengurangi Emisi Gas Carbon Monoksida Motor Bensin**, Majalah Traksi
- Sinaga Elly, 2011; **Revitalisasi Penyelenggaraan Sistem LLAJ Menuju Sustainable Transport**, (Ceramah Umum di Balai Diklat Transportasi Darat Bali)
- Kristiana Ervin, 2011; **Rancang Bangun Alat Pendeteksi Gas Karbon Monoksida (CO) Pada Kendaraan**, Unnes, Semarang
- Muraleedharan T.R, Radojevic, Miros Lav Waugh, Allan, Carvana Anthony, 2000; **Emissions from the combustion of peat : An Experimental Study Atmospherie Enviroment 2000; 34 3033-3035**
- Putra, Agfiano Eko, 2002; **Belajar Mikrokontroller AT 89C51/52/55 Teori dan Aplikasi**, Gaya Media, Yogyakarta

Purto, Dhimas Prakoso, dan Maulana , Anta Candra M, 2005; **Perancangan dan Pembutan Sisitem Emisi gas Buang Pada Motor Bensin**

Stoker, H.S. dan Seager S.L.1972.**Environmental Chemistry :Air and Water Pollution**. Scott, foresman and Co.,London

Sugiyono Agus, **Strategi Penggunaan Energi di Sektor Transportasi**,
Direktorat Teknologi Energi (BPP Teknologi)

The World Bank Country Studi , 1994; **Indonesia Environment and Development, Washington DC p 67-93**

Winarno,joko, 2014, **Studi Emisi Gas Buang Kendaraan Bermesin Bensin Pada Berbagai Merek Kendaraan dan Tahun Pembuatan**.Fakultas Teknik Universitas Janabadra.

Perturan Perundang- undangan

———, Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan

———, Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 4 Tahun 2009 tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Tipe Baru

———, Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2010 tentang Ambang Batas Emisi Gas buang Kendaraan Bermotor

Internet

<http://depokinstruments.com/2001/06/03/di-smart-avr-16-sistem-sistem-minimum-mikrokontroller-avr-atmega16/> (diakses pada tanggal 8 Agustus 2015)
ATMEL corporation, Mikrokontroller Data Sheet, 2001 (diakses pada tanggal 8 Agustus 2015)

http://www.Kompasisana.com/yayanjepang/yamaha-dan - mesin-injeksi _550dbc13a333118a1b2e3ed0 (diakses tanggal 8 Agustus 2015)

<http://staf.unila.ac.id/junaidi/2012/12/23/minimum-sistem-atmega16/>
(diakses tanggal 8 Agustus 2015)

<http://www.seedstudio.com/depot/datasheet/MQ-7> (diakses tanggal 9 Agustus 2015)

[URL:www.seedstudio.com/depot/datasheet/MQ-5](http://www.seedstudio.com/depot/datasheet/MQ-5) (diakses tanggal 9 Agustus 2015)

[URL:http://www.psychologymania.com/2013/05/klasifikasi-motor-bakar_66.html](http://www.psychologymania.com/2013/05/klasifikasi-motor-bakar_66.html)
(diakses pada tanggal 8 Agustus)

[URL:https://wordpress.com/kimia-xi/termokimia](https://wordpress.com/kimia-xi/termokimia) (diakses tanggal 10 Agustus 2015)

[URL:http://aldilah-bagas-d.blog.ugm.ac.id/2012/06/17/pencemaran-udara](http://aldilah-bagas-d.blog.ugm.ac.id/2012/06/17/pencemaran-udara) (diakses pada tanggal 10 Agustus 2015)

[http:// www.academia.edu/23278668](http://www.academia.edu/23278668) strategi_penggunaan_energi di sektor transportasi (Direktorat Teknologi Energi BPP Teknologi)

[Ppejawa.com/ ekoplasa 63_makna _hc_dan_co _uji emisi pada mesin.html](http://ppejawa.com/ekoplasa_63_makna_hc_dan_co_uji_emisi_pada_mesin.html)
(diakses pada tanggal 10 Februari 2016)

[http:// jtpunimus-gdl-slameysaef-7701-2-bab i-pdf](http://jtpunimus-gdl-slameysaef-7701-2-bab_i-pdf)



Lampiran 1**Hasil Pengujian Konsentrasi CO Pada Kendaraan di Bawah Tahun 2007****(mobil kijang tahun 1997)**

| Putaran mesin | Kadar CO (Alat Rancangan) | Kadar CO (Alat Pabrikan) | Rata –rata | |
|---------------|-------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | | | Kadar CO (Alat rancangan | Kadar CO (Alat Pabrikan) |
| Idle | 3.80 | 3.40 | 3.26 | 2.65 |
| | 3.15 | 2.84 | | |
| | 2.83 | 1.71 | | |
| 1500 | 3.10 | 3.15 | 3.62 | 3.24 |
| | 3.56 | 3.27 | | |
| | 4.20 | 3.30 | | |
| 2000 | 3.85 | 2.80 | 3.1 | 2.81 |
| | 3.32 | 2.90 | | |
| | 2.45 | 2.73 | | |
| 2500 | 2.50 | 2.20 | 2.59 | 2.40 |
| | 2.67 | 2.45 | | |
| | 2.60 | 2.46 | | |
| 2000 | 3.14 | 2.50 | 3.13 | 2.80 |
| | 3.80 | 2.80 | | |
| | 2.45 | 3.10 | | |
| 1500 | 3.30 | 2.80 | 3.23 | 2.67 |
| | 3.56 | 2.80 | | |
| | 2.83 | 2.41 | | |
| Idle | 3.10 | 2.55 | 3.44 | 2.44 |
| | 3.10 | 2.22 | | |
| | 4.10 | 2.55 | | |

Lampiran 2

Hasil Pengujian Konsentrasi HC Pada Kendaraan di Bawah Tahun 2007

(Mobil Dayhatsu Ayla)

| Putaran mesin | Kadar HC (Alat Rancangan) | Kadar HC (Alat Pabrikan) | Rata –rata | |
|---------------|-------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | | | Kadar HC (Alat rancangan | Kadar HC (Alat Pabrikan) |
| Idle | 427 | 364 | 415 | 382 |
| | 426 | 393 | | |
| | 382 | 389 | | |
| 1500 | 535 | 480 | 510 | 482 |
| | 475 | 456 | | |
| | 520 | 510 | | |
| 2000 | 440 | 423 | 428 | 421 |
| | 394 | 397 | | |
| | 450 | 443 | | |
| 2500 | 390 | 380 | 393 | 370 |
| | 362 | 345 | | |
| | 407 | 385 | | |
| 2000 | 370 | 380 | 404 | 378 |
| | 370 | 364 | | |
| | 472 | 390 | | |
| 1500 | 360 | 252 | 367 | 280 |
| | 360 | 260 | | |
| | 381 | 328 | | |
| Idle | 380 | 320 | 380 | 312 |
| | 397 | 326 | | |
| | 363 | 290 | | |

Lampiran 3

Hasil Pengujian Konsentrasi CO Pada Kendararan di AtasTahun 2007 (pada kendaraan dayhatsu ayla tahun 2013)

| Putaran mesin | Kadar CO (Alat Rancangan) | Kadar Co (Alat Pabrikan) | Rata –rata | |
|---------------|-------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | | | Kadar CO (Alat rancangan | Kadar CO (Alat Pabrikan) |
| Idle | 1.28 | 1.11 | 1.17 | 1.04 |
| | 1.04 | 1.13 | | |
| | 1.20 | 0.88 | | |
| 1500 | 1.40 | 1.20 | 1.54 | 1.36 |
| | 1.58 | 1.36 | | |
| | 1.64 | 1.52 | | |
| 2000 | 1.24 | 0.84 | 1.30 | 1.11 |
| | 1.30 | 1.23 | | |
| | 1.36 | 1.26 | | |
| 2500 | 1.06 | 0.71 | 1.09 | 0.89 |
| | 1.09 | 0.92 | | |
| | 1.12 | 1.04 | | |
| 2000 | 1.98 | 1.82 | 1.65 | 1.19 |
| | 1.48 | 1.20 | | |
| | 1.49 | 1.15 | | |
| 1500 | 2.40 | 1.92 | 2.21 | 1.78 |
| | 2.02 | 1.78 | | |
| | 2.21 | 1.64 | | |
| Idle | 2.25 | 2.09 | 2.24 | 1.78 |
| | 2.32 | 1.86 | | |
| | 2.15 | 1.39 | | |

Lampiran 4

Hasil Pengujian Konsentrasi HC Pada Kendaraan di Atas Tahun 2007

| Putaran mesin | Kadar HC (Alat Rancangan) | Kadar HC (Alat Pabrikan) | Rata –rata | |
|---------------|-------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | | | Kadar HC (Alat rancangan | Kadar HC (Alat Pabrikan) |
| Idle | 140 | 104 | 120 | 112 |
| | 123 | 117 | | |
| | 97 | 115 | | |
| 1500 | 136 | 124 | 180 | 144 |
| | 198 | 140 | | |
| | 206 | 168 | | |
| 2000 | 206 | 179 | 202 | 182 |
| | 216 | 202 | | |
| | 184 | 165 | | |
| 2500 | 188 | 156 | 162 | 156 |
| | 136 | 140 | | |
| | 162 | 172 | | |
| 2000 | 160 | 134 | 144 | 136 |
| | 157 | 117 | | |
| | 115 | 157 | | |
| 1500 | 122 | 80 | 145 | 110 |
| | 145 | 112 | | |
| | 168 | 138 | | |
| Idle | 260 | 225 | 204 | 204 |
| | 232 | 182 | | |
| | 243 | 206 | | |

Lampiran 5

Gambar Pengukuran Emisi Menggunakan Alat Uji Emisi Pasaran Merek

Banzai dan Alat Ukur Emisi Gas Buang CO dan HC Berbasis Mikrokontroller



Lampiran 6

Gambar Pengukuran Menggunakan Alat Ukur Emisi Gas Buang CO dan HC Berbasis *Mikrokontroller*



Lampiran 7

Bahasa Pemrograman

Bahasa yang digunakan untuk mengisiprosesor AT Mega16 adalah sebagai berikut:

```
#include <mega16.h>
#include <stdio.h>
#include <delay.h>
// Alphanumeric LCD functions
#include <alcd.h>
#define ADC_VREF_TYPE 0x00
// Read the AD conversion result
unsigned int read_adc(unsigned char adc_input)
{
    ADMUX=adc_input | (ADC_VREF_TYPE & 0xff);
    // Delay needed for the stabilization of the ADC input voltage
    delay_us(10);
    // Start the AD conversion
    ADCSRA|=0x40;
    // Wait for the AD conversion to complete
    while ((ADCSRA & 0x10)==0);
    ADCSRA|=0x10;
    return ADCW;
}

int x,y;
void atas()
{
    x=x-339;
    y=y-357;
    lcd_clear();
    lcd_gotoxy(0,0);
    lcd_putsf("Ukuratas 2007");
}

void bawah()
```

```

    {   x=x-327;
        y=y-361;
        lcd_clear();
        lcd_gotoxy(0,0);
        lcd_putsf("Ukurbwah 2007");
    }
void buzzer ()
{ if(x>=15 || y>=70)
  {PORTC.6=1;
  delay_ms(8000);}
else{PORTC.6=0;}
}
void alarm2()
{ if(x>=30 || y>=70)
  {PORTC.6=1; // port buzzer
  delay_ms(8000);}
else{PORTC.6=0;}
}
// Declare your global variables here
char buff[33];
void main(void)
{
  PORTA=0x00;
  DDRA=0x00;

  ADMUX=ADC_VREF_TYPE & 0xff;
  ADCSRA=0x84;
  // Characters/line: 16
  lcd_init(16);
  lcd_gotoxy(0,0);
  lcd_putsf(" YULIA UNIMUS ");
  delay_ms(300);

```

```

lcd_clear();
lcd_gotoxy(0,0);
lcd_putsf("alatujiemisi");
lcd_gotoxy(0,1);
lcd_putsf("0PPM  0CO ");
delay_ms(400);
lcd_clear();
while (1)
{
if (PIND.5==1) // untuk Port Switch Diatas 2007
{b:
x=read_adc(0);
y=read_adc(1);
atas();
lcd_gotoxy(0,1);
sprintf(buff, "%d ppm %d CO ",x,y);
lcd_puts(buff);
delay_ms(500);
buzzer();

delay_ms(500);
goto b; }

if(PIND.1==1) // untuk Port Switch Dibawah 2007
{c:
x=read_adc(0);
y=read_adc(1);
bawah();
lcd_gotoxy(0,1);
sprintf(buff, "%d ppm %d CO ",x,y);
lcd_puts(buff);
delay_ms(500);

```

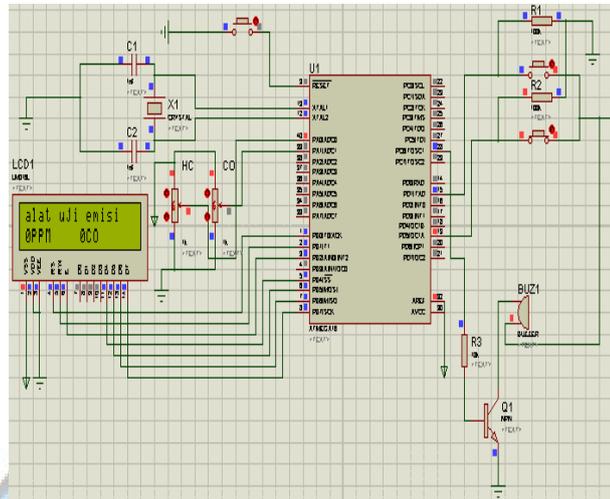
```
alarm2();  
delay_ms(500);  
goto c; }  
  }  
}
```



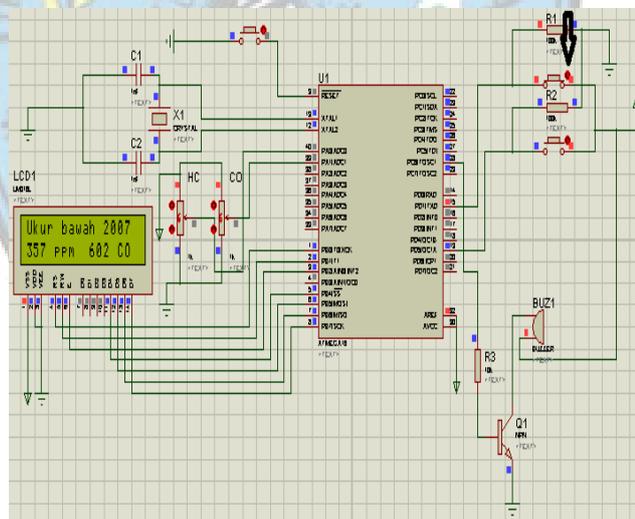
Lampiran 8

Gambar Tampilan Program

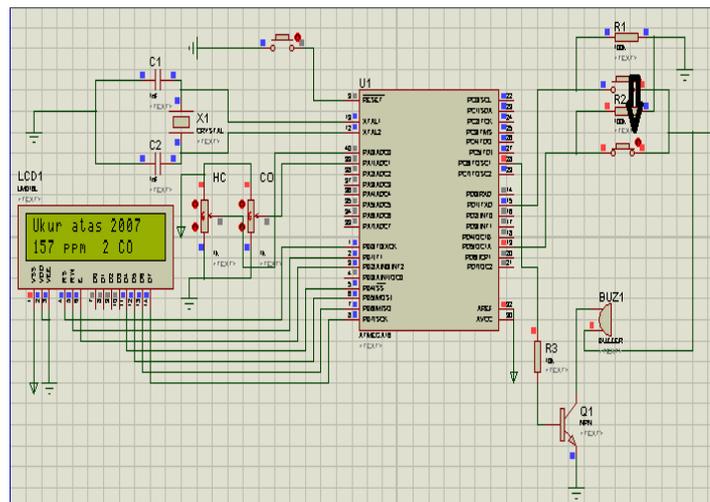
- 1) Gambar tampilan pemrograman kondisi Saat alat pertama Saklar di On kan



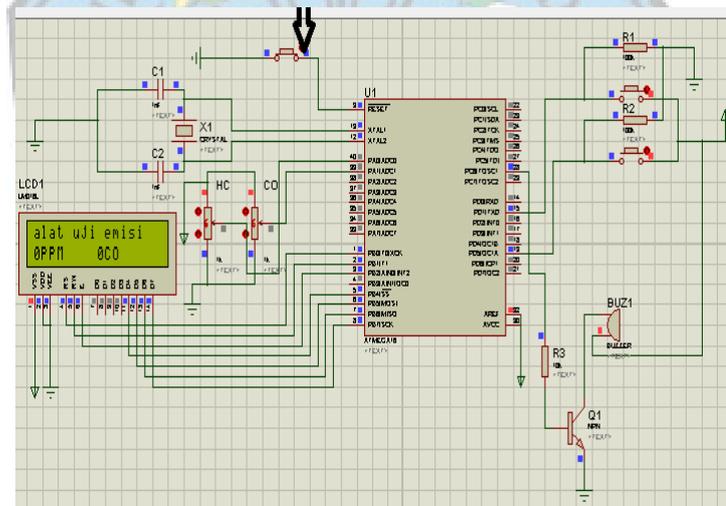
- 2) Gambar kondisi push button atas untuk setting ambang batas ukur bawah 2007



- 3) Gambar kondisi push button bawah untuk setting ambang batas ukur atas 2007



- 4) Gambar kondisi saat kondisi reset di on kan



5) Gambar setelah dirangkai dengan hardware

