



**SIMULASI PENGATURAN *TIMING* KATUP ISAP DAN BUANG
DENGAN MENGGUNAKAN MEKANISME AKTUATOR KATUP ELEKTRONIK
PADA MOTOR BAKAR 4 LANGKAH**

SKRIPSI

Oleh

**RAGA RADITYA PRAMONO
NIM : 071910201037**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2012**



**SIMULASI PENGATURAN *TIMING* KATUP ISAP DAN BUANG
DENGAN MENGGUNAKAN MEKANISME AKTUATOR KATUP ELEKTRONIK
PADA MOTOR BAKAR 4 LANGKAH**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi skripsi dan memenuhi syarat-syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Strata 1 Teknik Elektro
dan guna mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

RAGA RADITYA PRAMONO

NIM : 071910201037

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2012

PERSEMBAHAN

Skripsi ini adalah hasil kerja kerasku dengan dorongan semangat serta bantuan dari banyak pihak di sekitarku yang akan kupersembahkan untuk:

1. Allah SWT yang telah memberikan nikmat ilmu yang bermanfaat, yang memberikan rahmat dan hidayah-Nya serta semua pemberian-Nya yang tak terkira.
2. Kedua orang tuaku, yaitu Bambang Hari Pramono dan Sri Handarini yang telah melahirkan dan membesarkanku, memberikan segalanya yang terbaik untukku, kasih sayang dan doa yang selalu dipanjatkan. Ananda tidak akan pernah bisa membalas semua yang pernah diberikan, ananda hanya bisa membuat ayah dan mama bangga dan tersenyum.
3. Adikku, Rayi Anindya Pitoka Pramono yang telah membuatku bangga memiliki adik sepertimu, terimakasih atas doa dan bantuan, dan kakak berharap adik mendapatkan pencapaian yang lebih baik.
4. Seseorang yang kusayangi, Khalinda Kusuma Mamanggi, yang memberikan semangat dan doa kepadaku untuk menyelesaikan tanggungjawabku ini.
5. Teman-temanku yang kubanggakan dan yang memberikan arti kebersamaan, Teknik “TETRO” 07, teman-teman kontrakan Brantas, Haqqi, Danu, Yoga, Deiny, Yoyon, Dimas, Fajar ACU, Septian, Ardhana, Admaja, Reda, Berty, Rengga, Anggi, Andik yang bekerja di Laboratorium bersama, tak kenal lelah, berbagi dan saling memberi. Bangga memiliki teman-teman seperti kalian.
ELEKTRO JOSS.
6. Teman-temanku alumnus SMAN 1 Jember, SMPN 3 Jember, SD 3 Buleleng dan TK Diponegoro Buleleng, terimakasih sudah menjadi bagian dari perjalananku.
7. Orang-orang yang telah membantuku menghimpun data.

MOTTO

Tuntutlah ilmu dan belajarlaha (untuk ilmu) ketenangan dan kehormatan diri, dan bersikaplah rendah hati kepada orang yang mengajar kamu
(HR. Ath-Thabrani)

Mulailah bermimpi, mimpikanlah mimpi baru dan berusahalah untuk merubah mimpi itu menjadi kenyataan
(Soichiro Honda)

Belajarlaha untuk membuat kesempurnaan walaupun itu mustahil,
berbuatlah yang terbaik
(Raga Raditya Pramono)

SKRIPSI

**SIMULASI PENGATURAN *TIMING* KATUP ISAP DAN BUANG
DENGAN MENGGUNAKAN MEKANISME AKTUATOR KATUP ELEKTRONIK
PADA MOTOR BAKAR 4 LANGKAH**

Oleh

RAGA RADITYA PRAMONO

NIM 071910201037

Pembimbing

Dosen Pembimbing I : Sumardi, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing II : Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T.

PERNYATAAN

Saya bertanda tangan di bawah ini:

NAMA : Raga Raditya Pramono

NIM : 071910201037

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul “***SIMULASI PENGATURAN TIMING KATUP ISAP DAN BUANG DENGAN MENGGUNAAN MEKANISME AKTUATOR KATUP ELEKTRONIK PADA MOTOR BAKAR 4 LANGKAH***” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat sebenar-benarnya tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan itu tidak benar.

Jember, 10 Februari 2012

Yang menyatakan,

Raga Raditya Pramono

NIM 071910201037

**SIMULASI PENGATURAN *TIMING* KATUP ISAP DAN BUANG
DENGAN MENGGUNAAN MEKANISME AKTUATOR KATUP ELEKTRONIK
PADA MOTOR BAKAR 4 LANGKAH**

Raga Raditya Pramono¹

Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro.¹

Fakultas Teknik, Universitas Jember

ABSTRAK

Aktuator katup elektronik merupakan suatu perangkat yang digunakan untuk mengendalikan suatu sistem dengan tujuan tertentu. Teknologi konvensional yang menggunakan *cam shaft* untuk menggerakkan batang katup isap dan buang. Dengan menggunakan aktuator katup elektronik yang merupakan sebuah *solenoid* pada setiap katup masuk maupun buang, maka dibuatlah satu simulasi sistem tentang suatu konversi sistem konvensional menjadi sistem yang terkendali secara elektronik dengan pengendali berupa mikrokontroler. Beberapa parameter yang digunakan seperti putaran motor dengan sistem penskalaan dan karakteristik yang diambil dari sistem aslinya, digunakan sebagai patokan untuk pembuatan sistem yang terintegrasi.

Kata kunci : Solenoid, *Electronic Valve Actuator*, mikrokontroler

***TIMING CONTROLS SIMULATION FOR INTAKE AND EXHAUST VALVE
USING ELECTRONIC VALVE ACTUATORS
IN 4 STROKE COMBUSTIONAL ENGINE***

Raga Raditya Pramono¹

University Students in Departement of Electrical Engineering.¹

Faculty of Engineering, Jember University

ABSTRACT

Electronic Valve Actuator is a system that used to controlling for a specific purposes. Conventional technology using cam shaft to lift intake valve and exhaust one. By using an electronic valve actuator that based on solenoid for each valve, we makes a system to converting from a conventional system to the microcontroller based one. Some parameters that used such as motors RPM (Revolution per Minute) with scaling and the characteristic was taken from its original engine system, are used to build the integrated system.

Keyword : Solenoid, Electronic Valve Actuator, Microcontroller

RINGKASAN

SIMULASI PENGATURAN TIMING KATUP ISAP DAN BUANG DENGAN MENGGUNAAN MEKANISME AKTUATOR KATUP ELEKTRONIK PADA MOTOR BAKAR 4 LANGKAH; Raga Raditya Pramono; 071910201037; 2012; 49 halaman; Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Teknologi konvensional untuk menggerakkan katup baik katup isap atau buang motor bakar 4 langkah menggunakan noklen as atau *cam shaft*, dan dibantu komponen lainnya seperti *rocker arm* dan *timing gear*. Sistem konvensional seperti ini membutuhkan banyak ruang pada kepala silinder dan banyak komponen bergerak.

Perkembangan teknologi pengangkatan katup secara variabel memiliki teknologi yang berbeda pada setiap pabrikan kendaraan bermotor, tapi memiliki suatu tujuan, dimana diharapkan akan memberikan efektifitas kinerja yang lebih baik.

Pada penelitian ini, berdasarkan pemikiran, apakah dimungkinkan untuk mengganti sistem konvensional yang ada dengan menggunakan solenoid yang notabene menggunakan arus listrik dalam proses kerjanya, maka dibangunlah suatu sistem simulasi untuk menggantikan peran komponen konvensional.

Sebagai parameter untuk membuat sistem tersebut, penulis menggunakan karakteristik daripada motor bakar itu sendiri, baik dari segi lama pengangkatan katup, kapan saat katup bekerja, dan menambahkan karakter pembukaan katup secara variabel, meskipun pada pengujian digunakan skala untuk nilai putaran motor, yaitu dari 100 RPM sampai 500 RPM dengan interval 50 RPM.

Pada hasil pengujian respon akhir daripada sistem, penulis dapat mengambil data dimana, untuk katup isap memiliki kinerja baik, 100%, sedangkan untuk katup buang memiliki kinerja dengan tingkat kualitas kerja yang paling rendah sebesar 66,6 %, dimana hal ini dikarenakan tingkat kepresisian mekanik yang harus didesain dengan lebih baik, dan sifat dari electromagnet.

Kata kunci : Solenoid, *Electronic Valve Actuator*, mikrokontroler

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah Swt. atas segala berkah, rahmat dan hidayahnya sehingga skripsi ini dapat tersusun dengan baik. Penulis menyusun skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) jurusan Elektro di Fakultas Teknik Universitas Jember. Penulis berharap dengan adanya skripsi ini dapat menjadi manfaat dan pemicu guna lahirnya ide-ide atau gagasan baru lainnya. Pengembangan atas judul yang penulis ambil, sekiranya dapat menjadikan karya-karya baru nantinya.

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penulisan karya tulis ini, khususnya kepada:

1. Bapak Sumardi, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Bapak Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T. selaku Dosen Pembina Anggota yang telah meluangkan waktu, membimbing, mengoreksi dan membina penulis dalam proses penyusunan skripsi ini. Bapak Samsul Bachri M., S.T., M.MT., selaku Dosen Pembina Akademik yang telah mengarahkan selama perjalanan penulis dalam menimba ilmu di perguruan tinggi;
2. Kedua Orang Tua penulis yang selalu memberikan yang terbaik kepada anaknya, segala do'a dan usaha yang tak akan ternilai;
3. Teman-teman yang telah memberikan dukungan, bantuan serta koreksi;
4. Semua pihak yang telah membantu penulis yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Dalam proses penyusunan ini, penulis berusaha sebaik mungkin untuk menyusun, mengkaji, meneliti dan menyajikan hasil dari penelitian tersebut. Namun pasti ada koreksi untuk kekurangan-kekurangan demi tercapainya hasil yang maksimal. Tidak menutup kemungkinan bagi penulis untuk menerima saran maupun kritik agar skripsi yang penulis susun ini menjadi lebih baik.

Jember, Februari 2012

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
ABSTRAK	viii
RINGKASAN	x
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan dan Manfaat	3
1.4.1 Tujuan	3
1.4.2 Manfaat	3
1.5 Sistematika Pembahasan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Landasan Teori	5
2.1.1 Motor Bakar 4 Langkah	5
2.1.2 Perkembangan Metode Pergerakan Katup <i>Variable</i>	7
2.1.3 <i>Solenoid</i>	10
2.1.4 AVR ATmega8535	11
2.1.5 Sensor Putaran Mesin	13

2.1.6 Sensor Poros Engkol	14
2.1.7 Transistor Switching.....	14
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	18
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	18
3.2 Tahap Perancangan.....	18
3.3 Alat dan Bahan.....	19
3.4 Desain Alat	20
3.5 Algoritma dan Skema Perangkat Keras, Tabel <i>Timing</i> dan <i>Flowchart</i> Desain Alat.....	20
3.5.1 Algoritma dan Skema Perangkat Keras.....	20
3.5.2 Tabel <i>Timing</i>	22
3.5.3 <i>Flowchart</i> Desain Alat	23
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Hasil Pengujian	25
4.1.1 Hasil Pengujian Rangkaian LCD 16 X 2	25
4.1.2 Hasil Pengujian Pemilihan Parameter Putaran Cakram Motor	26
4.1.3 Hasil Pengujian Transmisi Data antar Mikrokontroler	30
4.1.4 Hasil Pengujian Respon Sensor Poros Engkol pada Cakram	34
4.1.5 Hasil Pengujian Respon <i>Solenoid</i>	38
BAB 5 PENUTUP	47
5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran	48
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

2.1	Siklus Kerja Motor Bakar 4 Langkah.....	7
2.2	Diagram <i>Timing</i>	7
2.3	Derajat Pengaturan <i>Timing</i>	7
2.4	Kepala Silinder Honda NSX-VTEC dan Komponen Penyusunnya	8
2.5	VTEC pada Honda	9
2.6	VVTi pada TOYOTA	9
2.7	<i>Solenoid</i>	10
2.8	<i>Push Solenoid</i>	10
2.9	Arsitektur ATmega8535	11
2.10	Konfigurasi Pin ATmega8535	12
2.11	Rangkaian Sistem Minimum ATmega8535	13
2.12	<i>Optocoupler</i>	13
2.13	<i>Crankshaft Position Sensor</i> Konvensional	14
2.14	Rangkaian Transistor Switching	15
2.15	<i>Motor Driver</i> EMS 30 A <i>H-Bridge</i>	15
2.16	Skema Rangkaian <i>Driver</i> Motor Sistem <i>H-Bridge</i>	17
2.17	Skema Rangkaian <i>Driver</i> EMS 30 A <i>H-Bridge</i>	17
3.1	Desain <i>Solenoid</i> Terintegrasi dengan Kepala Silinder dan Katup ..	20
3.2	Skema Proses Kerja Sistem	21
3.3	<i>Flowchart</i> Katup Isap	23
3.4	<i>Flowchart</i> Katup Buang	24
4.1	Rangkaian LCD	25
4.2	Tampilan Karakter pada LCD.....	26
4.3	Transmisi Data 120 RPM	31
4.4	Transmisi Data 248 RPM	31
4.5	Transmisi Data 337 RPM	32
4.6	Diagram <i>Timing</i>	35
4.7	Rangkaian Sensor Cakram	35
4.8	Rangkaian <i>Driver Solenoid</i> EMS 30 A <i>H-Bridge</i>	39

4.9	Proses Penahanan Poros <i>Solenoid (start)</i>.....	43
4.10	Besar Arus yang Terbaca <i>Amperemeter</i>	43
4.11	Solenoid Bekerja Normal	44
4.12	Besar Arus yang Terbaca <i>Amperemeter</i>	44

DAFTAR TABEL

2.1	Konfigurasi Pin Input	18
2.2	Konfigurasi Terminal Output	16
3.1	Jadwal Kegiatan Penelitian	18
3.2	Tabel <i>Timing</i> Katup Isap	22
3.3	Tabel <i>Timing</i> Katup Buang	22
4.1	Perhitungan <i>E%</i> Parameter Putaran	28
4.2	Karakter Noken As	34
4.3	<i>Counter Solenoid</i>	39
4.4	Karakteristik <i>VVt</i>	42
4.5	Pengukuran Gaya untuk Menekan Katup	43
4.6	Data Pengukuran <i>Solenoid Start</i> dan Normal.....	44
4.7	Hasil Kerja Alat	45

DAFTAR LAMPIRAN

1. PERHITUNGAN

1.1 Perhitungan Durasi Buka Katup Isap

1.2 Perhitungan Durasi Buka Katup Buang

1.3 Perhitungan *Error %* Parameter – *Tachometer*

1.4 Perhitungan *Error %* LCD – *Tachometer*

2. *SCRIPT PROGRAM*

3. *DATASHEET*

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi di dunia Otomotif sejak *Lenoir*, seorang Prancis pada tahun 1860 berhasil mengkonstruksikan sebuah motor bakar yang dapat digunakan dengan praktis. Motor *Lenoir* tersebut dibuat berdasarkan pada model sebuah motor bakar uap mendatar, dimana sejumlah panas akan dikonversikan menjadi energi kinetik (Harsanto, 1981:3).

Pada Tahun 1876 *Nicholas August Otto*, menciptakan suatu motor bakar dengan siklus pembakaran 4 langkah, dimana motor bakar jenis ini merupakan jenis motor bakar yang dipakai banyak manusia untuk bermacam-macam keperluan seperti menggerakkan mobil atau motor (BM. Surbakty, 1985:8).

Pada motor bakar 4 langkah memiliki bagian yang dinamakan kepala silinder (*cylinder head*) yang di dalamnya terdapat berbagai macam komponen yang bergerak dan bersinergi untuk mengatur masuknya kabut bahan bakar dan keluarnya gas sisa pembakaran. Beberapa komponen di kepala silinder diantaranya, katup isap dan buang, pegas katup, noken as (*cam shaft*), *cam gears*, *rocker arm* saluran masuk dan buang, serta salah satu komponen pengapian yaitu busi.

Untuk menggerakkan katup masuk dan buang sebagai jalan masuknya bahan bakar dan keluarnya gas sisa pembakaran, digunakan noken as atau *cam shaft*. Selama ini pengaturan *timing* untuk membuka dan menutupnya katup masuk dan buang menggunakan profil nok pada noken as. Pengaturan kapan katup masuk/buang terbuka dan menutup diatur oleh noken as yang digerakkan rantai dari poros engkol.

Pada proses perubahan *timing* konvensional yang notabene memiliki sistem mekanis dibutuhkan pengerjaan yang rumit dan memakan biaya karena harus memprofil ulang noken as dan membongkar kepala silinder. Belum lagi di dalam

kepala silinder terdapat berbagai macam komponen pendukung yang bergerak sehingga menimbulkan banyak kerugian mekanis dan gesek.

Dengan mekanisme pergerakan katup menggunakan aktuator elektronik diharapkan pengaturan *timing* dan durasi pembukaan katup menjadi lebih sederhana. Metode ini memberikan kemudahan untuk mengaturnya karena pengaturan dilakukan dengan mengatur program melalui komputer. Sebenarnya banyak perusahaan otomotif di dunia mengembangkan berbagai macam teknologi untuk mengatur *timing* bukaan katup dengan berbagai variabel pengaturan waktu. Tetapi metode yang digunakan banyak yang masih dengan cara mekanis, sehingga kurang dapat mengakomodir perubahan *timing* buka-tutup katup dengan baik.

Penggunaan solenoid yang bekerja dengan menggunakan prinsip elektromagnet, memiliki keuntungan untuk bisa menggantikan sebagian besar komponen bergerak di kepala silinder yang untuk menggerakannya menggunakan daya dari motor bakar itu sendiri, sehingga daya yang tersalur ke penggerak dalam hal ini roda menjadi berkurang. Di samping itu, karena menggunakan arus listrik untuk dapat bekerja, maka pengaturan *timing* buka tutup katup dapat diatur melalui perangkat lunak di komputer.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam skripsi ini antara lain:

1. Apakah prinsip kerja solenoid dapat diterapkan sebagai aktuator katup elektronik?
2. Bagaimana cara mensinergiskan kelebihan kendali elektronik pada sistem mekanik?
3. Bagaimana cara menggunakan kendali sistem elektronik berbasis mikrokontroler pada sistem mekanik?
4. Apakah dapat digunakan prinsip kerja elektromagnetik pada solenoid untuk menggantikan sistem konvensional?

1.3 Batasan Masalah

Ruang lingkup yang dibahas pada skripsi ini dibatasi oleh beberapa hal yaitu:

1. Penggunaan aktuator katup elektronik digunakan pada motor bakar 4 langkah dengan konfigurasi satu silinder dan 2 katup (satu katup isap dan satu katup buang).
2. Penggunaan aktuator katup elektronik tidak pada motor bakar yang menyala (diikuti proses pembakaran bahan bakar).
3. Pembatasan putaran motor sampai 500 RPM.
4. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan nilai putaran rendah, menengah dan tinggi dengan sistem penskalaan.

1.4 Tujuan dan Manfaat

1.4.1 Tujuan

Tujuan dari penelitian dan penulisan skripsi ini adalah:

1. Menerapkan prinsip kerja solenoid untuk digunakan sebagai aktuator katup elektronik.
2. Mensinergiskan kelebihan kendali elektronik dalam sistem pergerakan mekanis.
3. Mengimplementasikan sistem pengaturan *timing* berbasis mikrokontroler pada pengendalian sistem elektronik ke dalam suatu sistem mekanik.
4. Membuktikan dimungkinkannya penerapan prinsip elektromagnetik pada solenoid untuk menggantikan sistem konvensional.

1.4.2 Manfaat

Dengan adanya penelitian ini diharapkan pengembangan teknologi mekanisme pergerakan katup secara elektromagnetis akan semakin berkembang dan diaplikasikan pada penggunaan secara luas di masyarakat. Disamping itu, sinergi antara teknologi elektronika dan mekanik akan lebih banyak digunakan dalam

kehidupan manusia, sehingga pengembangan, perancangan dan pembuatan sebuah system mejadi lebih baik, karena berdasarkan suatu proses pengendalian yang sistematis dan terstruktur

1.5 Sistematika Pembahasan

BAB 1. PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika pembahasan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Berisi penjelasan tentang teori elektromagnet, prinsip kerja motor bakar 4 langkah, teknologi katup variabel pada beberapa produsen kendaraan bermotor dan cara pengaturan *timing* dengan menggunakan mikrokontroler.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Menjelaskan tentang metode kajian yang digunakan untuk menyelesaikan skripsi.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas tentang hasil penelitian yang dilakukan beserta analisa perancangan sistem yang dibuat sesuai keadaan di lapangan.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan dari analisis yang telah dilakukan dan saran untuk pengembangan skripsi ini lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Dalam proses pembuatan skripsi ini, digunakan beberapa teori baik dari aspek mekanis maupun aspek elektronis. Referensi tentang beberapa teknologi yang sudah acapkali digunakan dalam sistem penggerakan katup, yang sudah diaplikasikan secara massal oleh beberapa pabrikan dan penggunaan sistem elektronik dengan macam-macam sensor yang telah diaplikasikan, maka disusunlah sebuah perancangan dan penelitian yang akan mensinergiskan kelebihan elektronik pada sistem mekanik.

2.1. Landasan Teori

Beberapa teori yang mejadi dasar dalam proses perancangan dan penelitian yang dilakukan diperoleh dari beberapa sumber referensi. Teori yang digunakan mngacu dari beberapa sumber, yang menjelaskan tentang system elektronik dan mekanik.

2.1.1. Motor Bakar 4 Langkah

Dewasa ini perkembangan teknologi motor bakar semakin maju, baik untuk peruntukan transportasi maupun kebutuhan khusus seperti mesin balap. Sejak *Lenoir* mengembangkan motor bakar gas tanpa kompresi, diman prinsip kerjanya ialah dengan bahan bakar dinyalakan dengan percikan api pada langkah pengisian. Dua tahun kemudian (1862), *Beau de Rochas* menciptakan suatu siklus motor bakar, karena sistem kerja motor *Lenoir* tidaklah hemat. Kemudian pada tahun 1876

Nicholas August Otto dan *Langen (Jerman)* menciptakan siklus kerja motor bakar empat langkah, yang populer dinamakan Siklus Otto (BM. Surbakty, 1985:8).

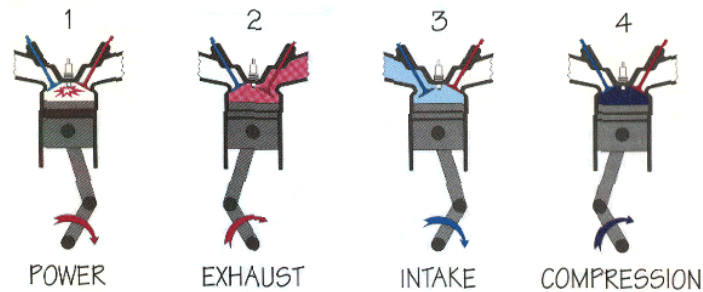
Dinamakan motor bakar 4 langkah, dikarenakan motor bakar jenis ini dalam kerjanya melalui empat tahapan, Siklus ini dimulai dengan posisi piston atau torak berada pada TMA (Titik Mati Atas) atau posisi dimana torak berada pada posisi paling atas, dan kedua katup menutup. Busi memercikkan api, beberapa derajat sebelum TMA. Hal ini dikarenakan untuk terbakar secara maksimal, diperlukan waktu untuknya. Langkah ini dinamakan langkah tenaga.

Saat torak berada pada beberapa derajat sebelum TMB (titik Mati Bawah), katup buang (*exhaust valve*) mulai terbuka. Gas sisa hasil pembakaran kabut bahan bakar terdorong torak keluar dari ruang bakar melalui katup buang (*exhaust valve*) karena torak bergerak keatas. Tahap ini disebut langkah buang.

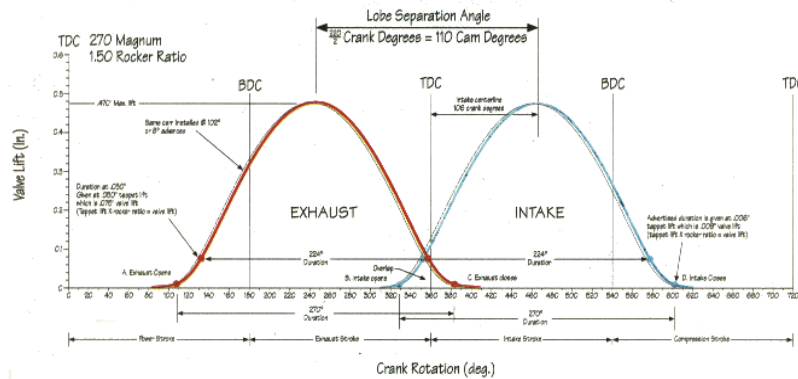
Saat torak berada hampir pada TMA dan katup buang hampir tertutup, katup isap (*intake valve*) mulai terbuka dan kabut bahan bakar mulai terserap masuk ke dalam ruang bakar, sembari gas sisa pembakaran keluar. Ada saat dimana kedua katup terbuka secara bersamaan yang disebut "*Overlap*". Saat torak melewati TMA, katup buang menutup dan abut bahan bakar semakin banyak terserap masuk ke dalam silinder. Langkah ini disebut langkah isap.

Saat piston berada pada beberapa derajat setelah TMB, katup isap mulai menutup dan saat katup menutup, piston mulai bergerak ke atas menuju TMA. Hal ini mengakibatkan kabut bahan bakar terkompresi dan siap untuk dibakar. Langkah ini dinamakan langkah kompresi.

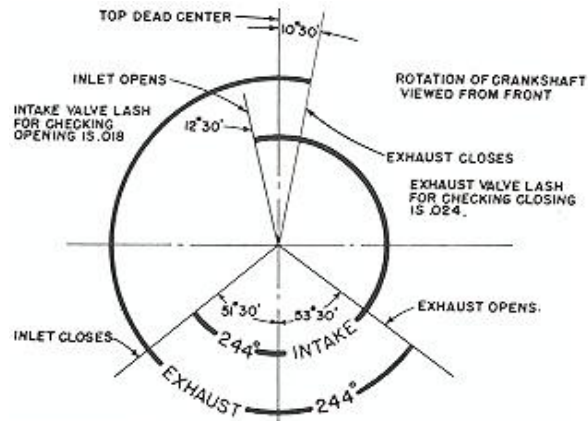
Siklus-siklus tersebut berlangsung secara berkelanjutan dan setiap siklus memiliki sudut sebesar 180° poros engkol (*180 crankshaft degree*).



Gambar 2.1 Siklus Kerja Motor Bakar 4 langkah (Andrew John Gray, 2001:4)



Gambar 2.2 Diagram *Timing* (Andrew John Gray, 2001:5)



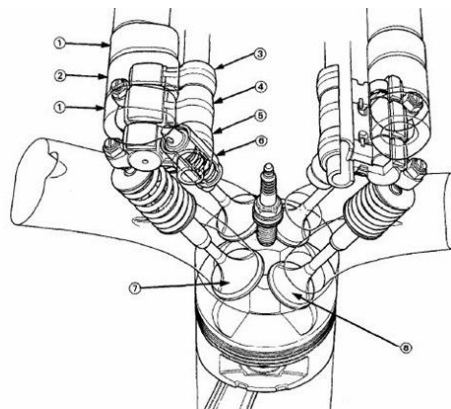
Gambar 2.3 Derajat Pengaturan *Timing* (www.solusimobil.com)

2.1.2. Perkembangan Metode Penggerakan Katup *Variable*

Kepala silinder merupakan suatu perangkat pengendali untuk lalu lintas keluar masuknya kaabut bahan bakar dan keluarnya gas sisa pembakaran.

Didalamnya terdapat berbagai macam komponen yang memiliki fungsi masing-masing. Noken as berfungsi sebagai pengatur kapan saat katup terbuka dan tertutup, serta lamanya katup terbuka. Katup sebagai pintu masuknya gas campuran bahan bakar dan udara ke dalam ruang bakar. Busi sebagai komponen untuk memercikkan api, dan pegas katup untuk membantu katup kembali ke posisi semula.

Dewasa ini perkembangan teknologi khususnya di kepala silinder dengan menggunakan bukaan katup secara variabel semakin pesat. Pabrikan otomotif dunia khususnya Jepang dan Eropa berlomba-lomba untuk mengembangkan teknologi ini. Honda dengan VTEC dan yang terbaru ini i-VTEC, Toyota dengan VVT-I, Mitsubishi dengan MIVEC dan banyak lainnya.

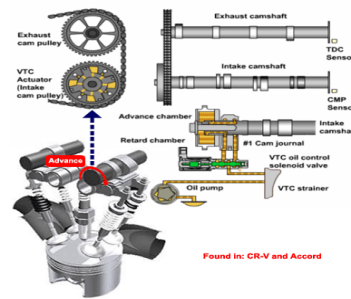


Gambar 2.4 Kepala Silinder HONDA NSX-VTEC dan Komponen Penyusunnya

(www.mr.lutfil.otomotif-1978.blogspot.com)

1. HONDA (VTEC)

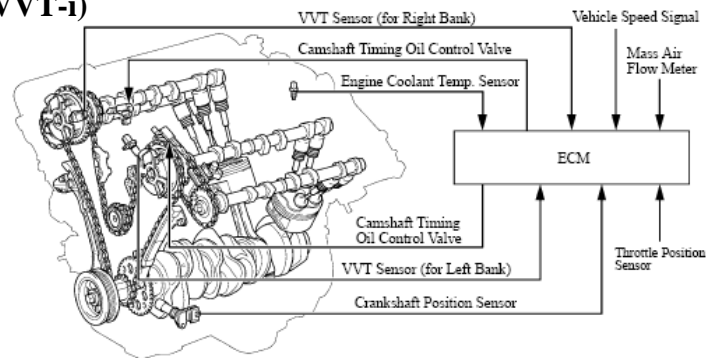
VTEC merupakan singkatan dari *Variable Valve Timing and Lift Electronic Control*, yaitu teknologi pengatur katup yang ditemukan dan dikembangkan oleh HONDA. Keunggulan teknologi VTEC terletak pada kemampuannya yang dapat membuat mesin dengan silinder kecil sehingga dapat menghasilkan tenaga yang besar, dan memberikan konsumsi bahan bakar yang baik, juga utamanya dapat dipakai harian.



Gambar 2.5 VTEC pada HONDA (www.mr.lutfil.otomotif-1978.blogspot.com)

Dasar teknologi VTEC yaitu permasalahan pada pengaturan bukaan katup, bila pengaturan katup dengan bukaan besar, optimal pada putaran mesin tinggi, dan terasa kurang bertenaga pada putaran rendah, begitu pula sebaliknya. VTEC dapat mengkombinasikan keduanya. Cara kerjanya begitu masuk ke zona putaran tinggi *VTEC Pressure Switch* akan aktif dan menggerakkan mekanismenya, sehingga *rocker arm* akan menekan katup lebih dalam lagi. Saat ini juga telah dikembangkan sistem i-VTEC, dimana *timing* pengapian juga bisa dikendalikan secara elektronik.

2. TOYOTA (VVT-i)



Gambar 2.6 VVTi pada TOYOTA (www.mr.lutfil.otomotif-1978.blogspot.com)

VVT-i atau kepanjangannya *Variable Valve Timing- intelligent* mengatur bukaan katup secara variatif. Secara garis besar sistem kerjanya sama dengan VTEC. Bedanya apabila pada VVT-i, besarnya bukaan katup tidak hanya berdasarkan putaran mesin, tetapi juga menghitung volume udara masuk, posisi *throttle*, temperatur mesin dan beban yang ditanggung. Perbedaan terbesarnya adalah pada

katup yang diatur. VVT-I mengatur katup masuk dan buang. Sistem VVT-i kinerjanya juga secara *real-time* artinya mekanismenya bekerja dengan *mapping* setiap putaran mesin.

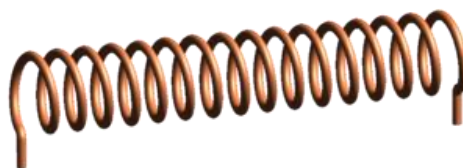
3. MITSUBISHI (MIVEC)

Pada MIVEC, sistem kerjanya sama dengan VTEC hampir di semua sisi, hanya saja perbedaannya terletak pada mekanisme di rocker-arm yang mengatur bukaan katup.

2.1.3. Solenoid

Solenoid merupakan suatu jenis kumparan yang terbuat dari kawat panjang yang dililitkan secara rapat dan dapat diasumsikan bahwa panjangnya jauh lebih besar daripada diameter kawat itu sendiri. Dalam suatu keadaan yang ideal, panjang kumparan adalah tak hingga dan dibuat dari kawat yang saling berhimpitan dalam lilitannya, dan medan magnet di dalamnya parallel terhadap sumbu solenoid tersebut.

Prinsip kerja dari solenoid adalah suatu arus yang mengalir melalui suatu kawat penghantar akan menghasilkan medan elektromagnetik. Jika ditempatkan suatu batang besi yang sebagian panjangnya di dalam solenoid, batang tersebut akan bergerak masuk ke dalam solenoid saat arus dialirkan.



Gambar 2.7 Solenoid

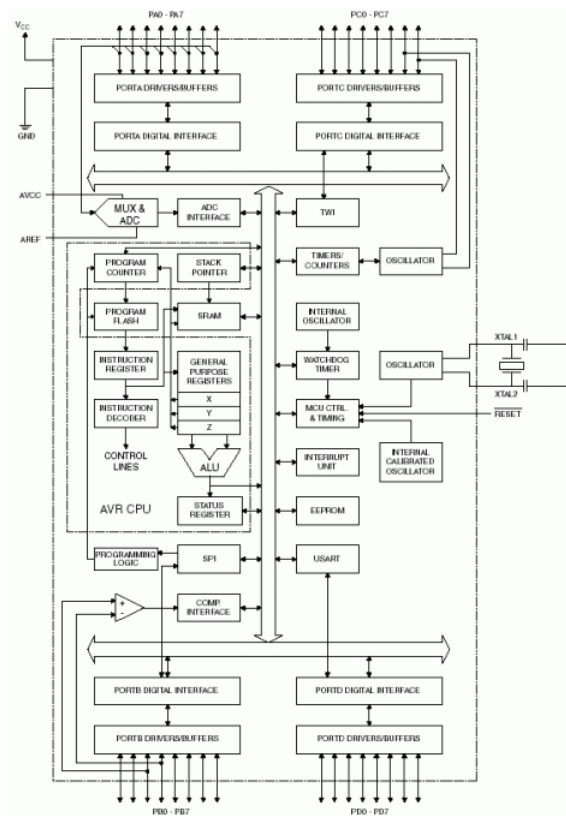


Gambar 2.8 Push Solenoid

2.1.4. AVR ATmega8535

Atmel merupakan salah satu vendor, yang pada sekitar tahun 1997 mengembangkan AVR (*Alf and Vegard's Riscprocessor*). Mikrokontroler AVR memiliki arsitektur RISC 8 bit, sehingga semua instruksi dikemas dalam kode 16-bit dan sebagian besar instruksi dieksekusi dalam satu siklus instruksi clock. Hal ini sangat membedakan sekali dengan instruksi MCS-51 (berarsitektur CISC) yang membutuhkan siklus 12 clock. RISC adalah Reduced Instruction Set Computing sedangkan CISC adalah Complex Instruction Set Computing.

AVR dikelompokkan menjadi 4 kelas, yaitu ATtiny, keluarga AT90Sxx, keluarga ATmega, dan keluarga AT86RFxx. Dari kesemua kelas yang membedakan satu sama lain adalah ukuran on-board memori, on-board peripheral dan fungsinya. Dari segi arsitektur dan instruksi yang digunakan mereka bisa dikatakan hampir sama.



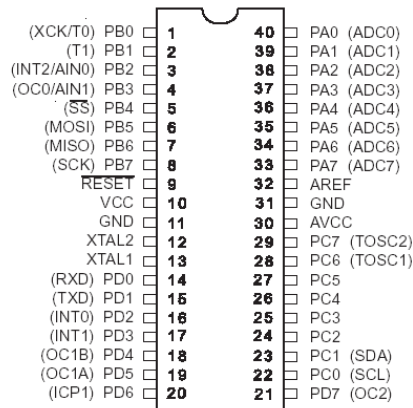
Gambar 2.9 Arsitektur ATmega8535 (datasheet ATmega8535)

Fitur ATmega8535

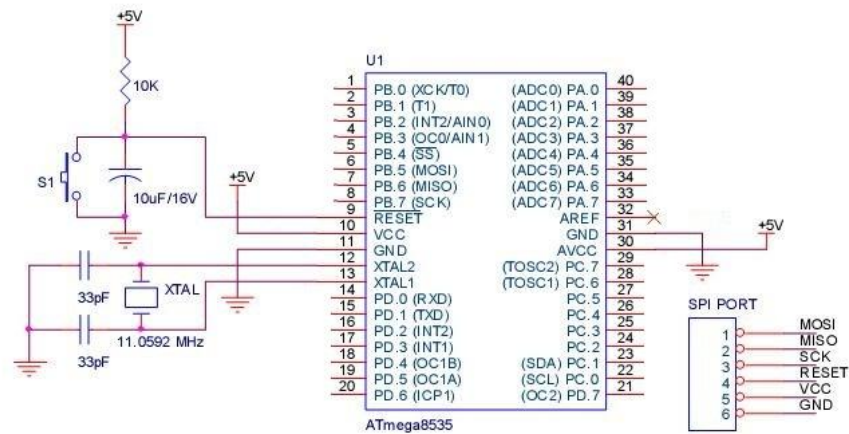
1. Sistem processor 8 bit berbasis RISC dengan kecepatan maksimal 16 MHz
2. Ukuran memory flash 8 KB, SRAM sebesar 512 byte, EEPROM sebesar 512 byte
3. ADC internal dengan resolusi 10 bit sebanyak 8 channel
4. Port komunikasi serial USART dengan kecepatan maksimal 2,5 Mbps
5. Mode Sleep untuk penghematan daya

Konfigurasi Pin ATmega8535:

1. VCC meruoakan Pin yang berfungsi sebagai pin masukan catu daya
2. GND merupakan Pin ground
3. Port A (PA0...PA7) merupakan pin I/O dan pin masukan ADC
4. Port B (PB0...PB7) merupakan pin I/O yang mempunyai fungsi khusus yaitu timer/counter, komparator analog dan SPI
5. Port C (PC0...PC7) merupakan port I/O dan yang mempunyai fungsi khusus yaitu komparator analog dan Timer oscillator
6. Port D (PD0...PD7) merupakan port I/O dan pin yang mempunyai fungsi khusus yaitu komparator analog dan interrupt eksternal serta komunikasi serial
7. RESET merupakan pin yang digunakan untuk mereset mikrokontroller
8. XTAL1 dan XTAL2 merupakan pin masukan *clock* eksternal
9. AVCC merupakan pin masukan untuk tegangan ADC
10. AREF merupakan pin masukan tegangan referensi untuk ADC



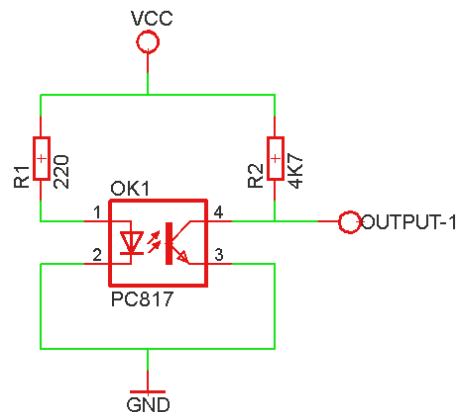
Gambar 2.10 Konfigurasi Pin ATmega8535 (datasheet ATmega8535)



Gambar 2.11 Rangkaian Sistem Minimum ATmega8535

2.1.5 Sensor Putaran Mesin

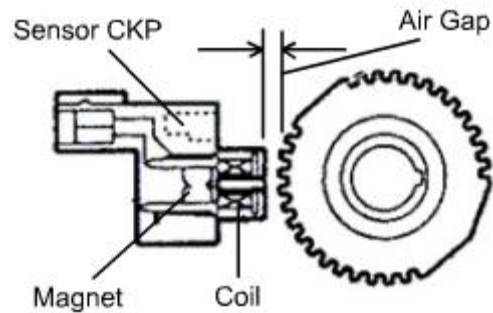
Banyak cara untuk menghitung putaran untuk menghasilkan besaran dengan satuan RPM. Salah satunya *dengan optocoupler*. Sensor putaran ini berfungsi untuk menghitung jarak yang ditempuh menggunakan roda cacah. Sensor putaran dengan optocoupler ini menghasilkan pulsa dari putaran cacah suatu cakram yang berputar (piringan berlubang). Pulsa inilah yang akan digunakan sebagai masukan ke mikrokontroler untuk dihitung berapa pulsa yang diterima pada satu satuan waktu tertentu. Optocoupler sendiri pada dasarnya terdiri dari pembangkit cahaya menggunakan LED dan *photodiode* sebagai *receiver* dari cahaya LED tersebut.



Gambar 2.12 *Optocoupler*

2.1.6 Sensor Poros Engkol (*Crankshaft Position Sensor*)

Sensor poros engkol terdiri atas magnet dan kumparan (*coil*) yang ditempatkan di bagian bawah *timing belt pulley*. Saat mesin berputar sensor ini menghasilkan pulsa tegangan listrik. Dalam Penulisan skripsi ini, sensor poros engkol yang digunakan memiliki prinsip sama dengan sensor putaran mesin, hanya saja digunakan sebagai *trigger* dalam proses pengaturan *timing* katup.



Gambar 2.13 *Crankshaft Position Sensor* Konvensional

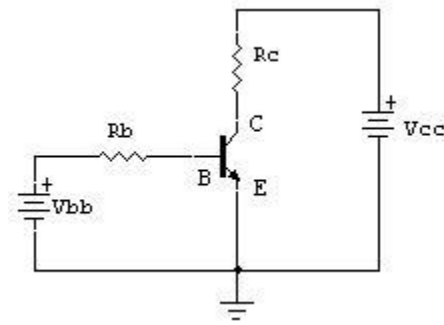
2.1.7 *Transistor Switching*

Bila suatu transistor digunakan sebagai *switching*, transistor diberi arus atau dalam keadaan “*bias on*” sampai level arus *collector* mencapai nilai sebesar mungkin. Sehingga arus mengalir dari *collector* ke *emitter*.

Untuk menghasilkan kondisi on/off seperti pada saklar, transistor dioperasikan pada salah satu titik kerjanya, titik saturasi dan cut off.

$$I_b = I_b \text{ (saturasi)}$$

Saat kondisi saturasi, transistor seperti sebuah saklar yang tertutup (on) sehingga arus dapat mengalir dari kolektor menuju emitor. Sedangkan saat kondisi cutoff, transistor seperti sebuah saklar yg terbuka (off) sehingga tidak ada arus yg mengalir dari kolektor ke emitor.



Gambar 2.14 Rangkaian Transistor Switching

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot R_C$$

$$I_C = V_{CC} / R_C$$

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan *driver* motor dengan konfigurasi *H-Bridge* untuk mengendalikan solenoid, dimana setengah *H-Bridge* untuk Solenoid pertama, dan setengahnya lagi untuk solenoid kedua. Driver motor H-Bridge digunakan untuk mengatur pergerakan motor apakah motor akan digerakkan secara *clock wise* atau *counter clock wise*. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan driver motor EMS 30 A H-Bridge untuk mengendalikan solenoid, karena penulis menganalogikan solenoid seperti motor, hanya saja sistem pengendaliannya menggunakan metode *switching on-off*.



Gambar 2.15 Motor Driver EMS 30 A H-Bridge (www.innovativeelectronic.com)

Driver motor ini memiliki dua pin input yang terhubung dari pin mikrokontroler, dua pin *enable* untuk mengaktifkan setengah *H-Bridge* yang satu dan yang lainnya, dua pin Vcc (5V) dan dua pin GND (Ground). Driver motor ini

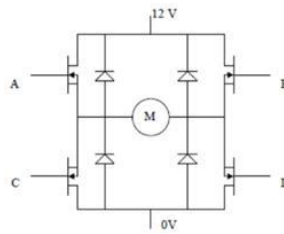
memiliki fitur dimana dapat dimungkinkan untuk menggerakkan kedua solenoid. Pin *enable* 1 dan dua samasama diaktifkan, karena karakteristik pengendalian solenoid yang penulis rancang memiliki kondisi untuk dua-duanya bekerja bersamaan. Pada driver motor ini, keadaan tersebut digunakan untuk proses pengereman motor.

Tabel 2.1 Konfigurasi Pin Input

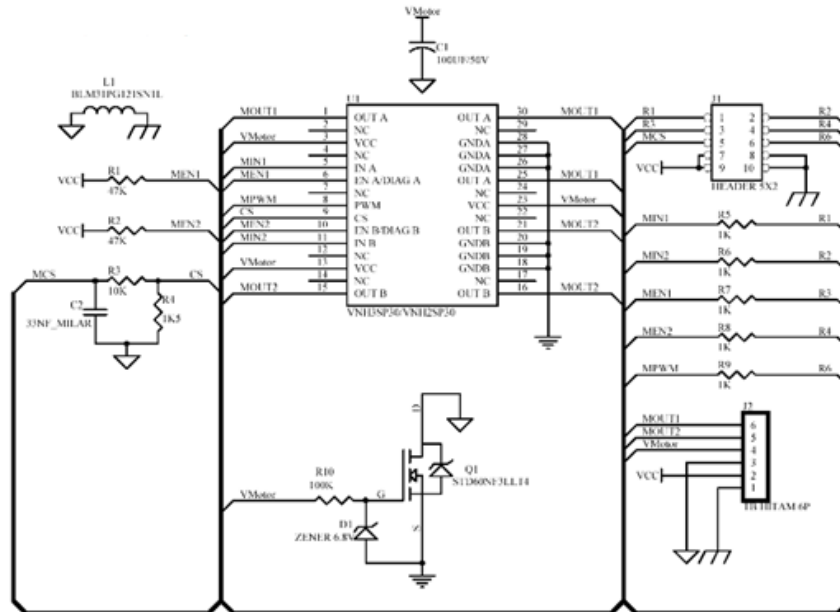
Pin	Nama	I/O	Fungsi
1	MIN1	I	Pin <i>Input</i> untuk menentukan M Out 1
2	MIN2	I	Pin <i>Input</i> untuk menentukan M Out 2
3	MEN1	I/O	Pin <i>enable</i> untuk M Out 1
4	MEN2	I/O	Pin <i>enable</i> untuk M Out 1
5	MCS	O	Output tegangan analog yang berbanding lurus dengan arus beban
6	MPWM	I	Pin <i>Input</i> untuk mengatur kerja modul H-Bridge secara PWM
7	VCC	-	Terhubung ke catu daya <i>Input</i> 5 V
8	PGND	-	Titik referensi catu daya <i>Input</i>

Tabel 2.2 Konfigurasi Terminal Output

Nama	Fungsi
PGND	Titik referensi untuk catu daya input
VCC	Catu daya input (5 V)
MGND	Titik referensi catu daya beban
V Motor	Catu daya beban
M Out 1	Output ke beban dari <i>H-Bridge</i> pertama
M Out 2	Output ke beban dari <i>H-Bridge</i> kedua



Gambar 2.16 Skema Rangkaian Driver Motor Sistem *H-Bridge*



Gambar 2.17 Skema Rangkaian Driver EMS 30 A *H-Bridge*

(www.innovativeelectronic.com)

Rangkaian H-Bridge merupakan rangkaian yang dapat mengatur arah putar motor DC dengan arah searah jarum jam atau berlawanan. Terdiri dari empat buah transistor, dengan dua buah transistor kanal N dan dua buah transistor dengan kanal P. Pada saat transistor A dan D aktif, dan transistor B dan C non aktif, maka sisi kiri motor akan terhubung dengan kutub positif dari catu daya, sedangkan sisi kanan akan terhubung dengan negative catu daya, sehingga motor akan bergerak searah jarum jam atau *clock wise*. Jika transistor B dan C aktif, dan transistor A dan D non aktif, maka sisi kanan motor akan terhubung ke catu daya positif, sedangkan sisi kirinya akan terhubung ke catu daya negative, sehingga motor akan berputar berlawanan arah jarum jam atau *counter clock wise*.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian untuk membuat simulasi suatu sistem pengaturan *timing* katup isap dan buang dengan menggunakan mekanisme aktuator katup elektronik ini dilakukan di Laboratorium Instrumentasi dan Otomasi Pabrik, Kampus Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jl. Slamet Riyadi no. 62 Patrang, Jember. Pelaksanaan penelitian dimulai bulan April 2011.

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian

No	Kegiatan	Bulan						
		1	2	3	4	5	6	7
1	Studi Literatur	■	■	■	■			
2	Pengerjaan Alat		■	■	■	■	■	■
3	Pengujian Alat			■	■	■	■	■
4	Analisis Alat			■	■	■	■	■
5	Pembahasan				■	■	■	■
6	Laporan						■	■

3.2 Tahapan Perancangan

Pada Bab 3, digunakan beberapa metodologi untuk proses penelitian agar hasil yang didapat menjadi sistematis dan teratur, sehingga mudah untuk dimengerti.

Untuk dapat merancang suatu metode pengaturan *timing* katup isap dan buang dengan menggunakan aktuator katup elektronik melalui beberapa tahapan, yaitu:

1. Studi Literatur

Mencari referensi berupa literatur-literatur dari beberapa sumber.

2. Perancangan dan pembuatan perangkat keras dan lunak

Penempatan solenoid dan perangkat lunak pengatur *timing* dari perangkat keras.

3. Pengujian perangkat keras dan lunak .

Proses pengujian awal perangkat keras dan lunak, dengan tujuan utama untuk melihat keakurasian dan daya tahan dari perangkat keras yang telah dibuat sebelumnya.

4. Perakitan

Proses perakitan solenoid dan perangkat lunak pengatur *timing* dengan kepala silinder, untuk mensinergikan fungsi masing-masing komponen.

5. Pengujian perangkat keras dan lunak 2

Proses pengujian perangkat keras dan lunak yang secara total telah terangkai untuk kemudian di analisis.

6. Analisa

Proses analisa dari kinerja semua komponen sesuai parameter yang telah ditentukan.

3.3 Alat dan Bahan

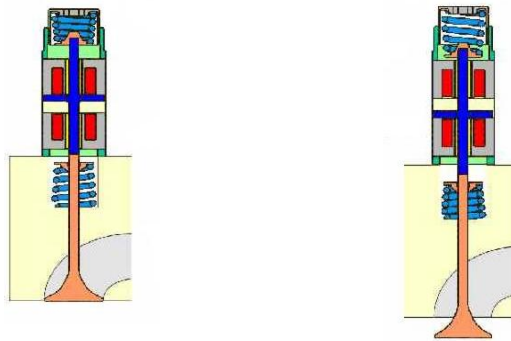
Dalam proses penelitian ini digunakan beberapa alat dan bahan untuk dapat menunjang proses perancangan dan pembangunan sistem. Alat dan bahan yang digunakan, yaitu:

1. Satu unit komputer
2. Dua buah solenoid
3. Dua buah katup (isap dan buang)
4. Satu buah *Driver Motor EMS 30A H Bridge*

5. Satu buah kepala silinder
6. Satu Buah Sumber Tegangan 12 V DC 45 AH
7. Dua buah sistem minimum AVR ATmega 8535
8. Software CodeVisionAVR sebagai media pemrograman mikrokontroller.

3.4 Desain Alat

Adapun desain sistem dari aktuator katup elektronik yang terintegrasi dengan kepala silinder dan katupnya:



Gambar 3.1 Desain Solenoid Terintegrasi dengan Kepala Silinder dan Katup

3.5 Algoritma dan Skema Perangkat Keras, Tabel *Timing* dan *Flowchart* Desain Alat

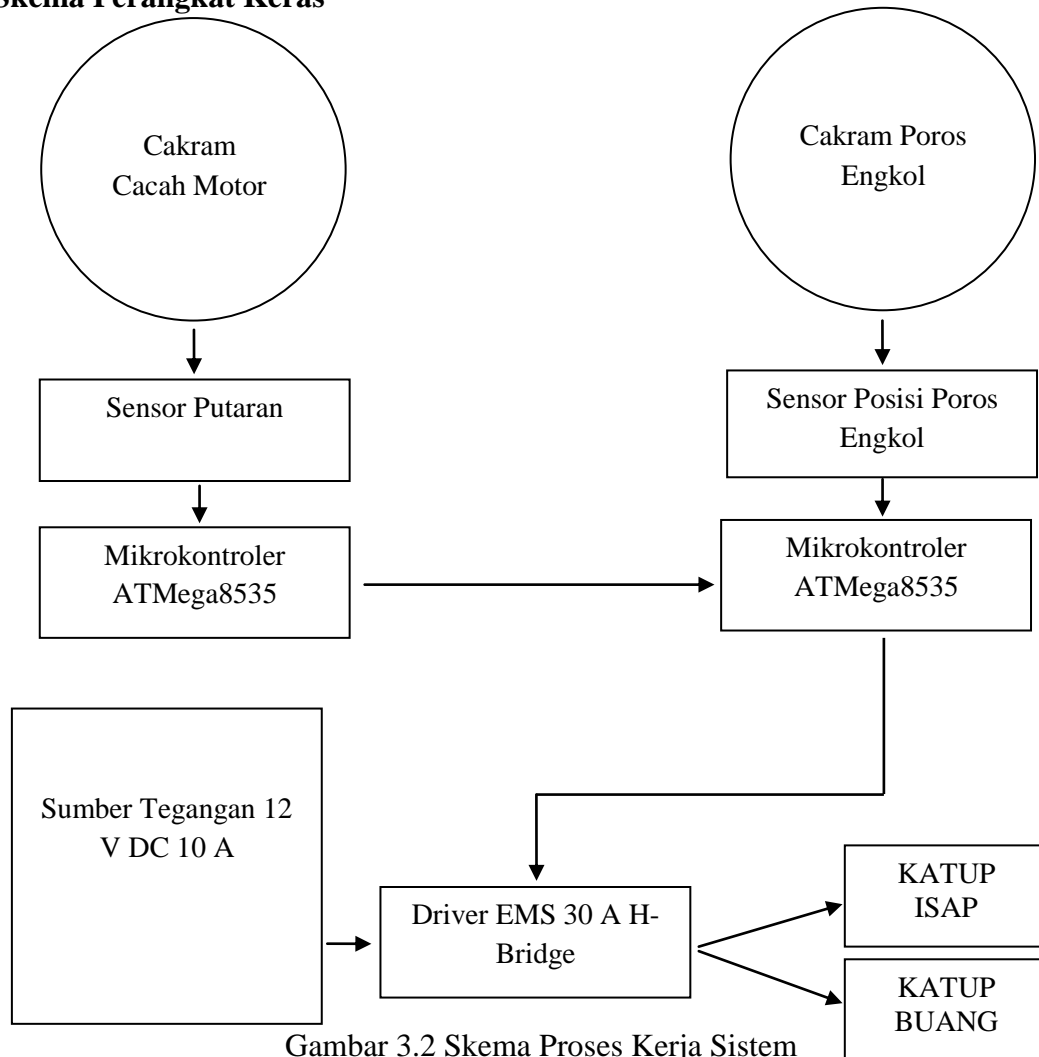
3.5.1 Algoritma dan Skema Perangkat Keras

Untuk menyusun sistem kerja dari alat ini menggunakan algoritma:

1. Sensor putaran mesin dan sensor poros engkol memberikan input pada pengendali.
2. Pengendali mengolah sinyal input dari sensor poros engkol dan putaran mesin, kemudian disinkronkan.
3. Hasil sinkronisasi dipetakan sesuai dengan karakteristik sistem pengendali.

4. Output sinyal dari pengendali menjadi trigger pada solenoid untuk menekan katup.
5. Solenoid bekerja dan katup bekerja

Skema Perangkat Keras



Gambar 3.2 Skema Proses Kerja Sistem

3.5.2 Tabel *Timing*

Tabel 3.2 Tabel *Timing* Katup Isap

RPM	RPS	Cycle/2 rotation	t 1 putaran = ... (detik)	t 1 derajat = ... (detik)	Tunda ISAP (Low = 15°)	Tunda ISAP (Med = 7.5°)	Tunda ISAP (Hi = 0°)	t buka katup (260°)
100	1.6666667	0.833333333	0.6	0.001666667	0.025	-	-	0.433333333
150	2.5	1.25	0.4	0.001111111	0.016666667	-	-	0.288888889
200	3.3333333	1.666666667	0.3	0.000833333	0.0125	-	-	0.216666667
250	4.1666667	2.083333333	0.24	0.000666667	-	0.005	-	0.173333333
300	5	2.5	0.2	0.000555556	-	0.004166667	-	0.144444444
350	5.8333333	2.916666667	0.171428571	0.00047619	-	0.003571429	-	0.123809524
400	6.6666667	3.333333333	0.15	0.000416667	-	-	0	0.108333333
450	7.5	3.75	0.133333333	0.00037037	-	-	0	0.096296296
500	8.3333333	4.166666667	0.12	0.000333333	-	-	0	0.086666667

(Catatan: Perhitungan Tabel 3.2 pada lampiran Perhitungan 1.1)

Tabel 3.3 Tabel *Timing* Katup Buang

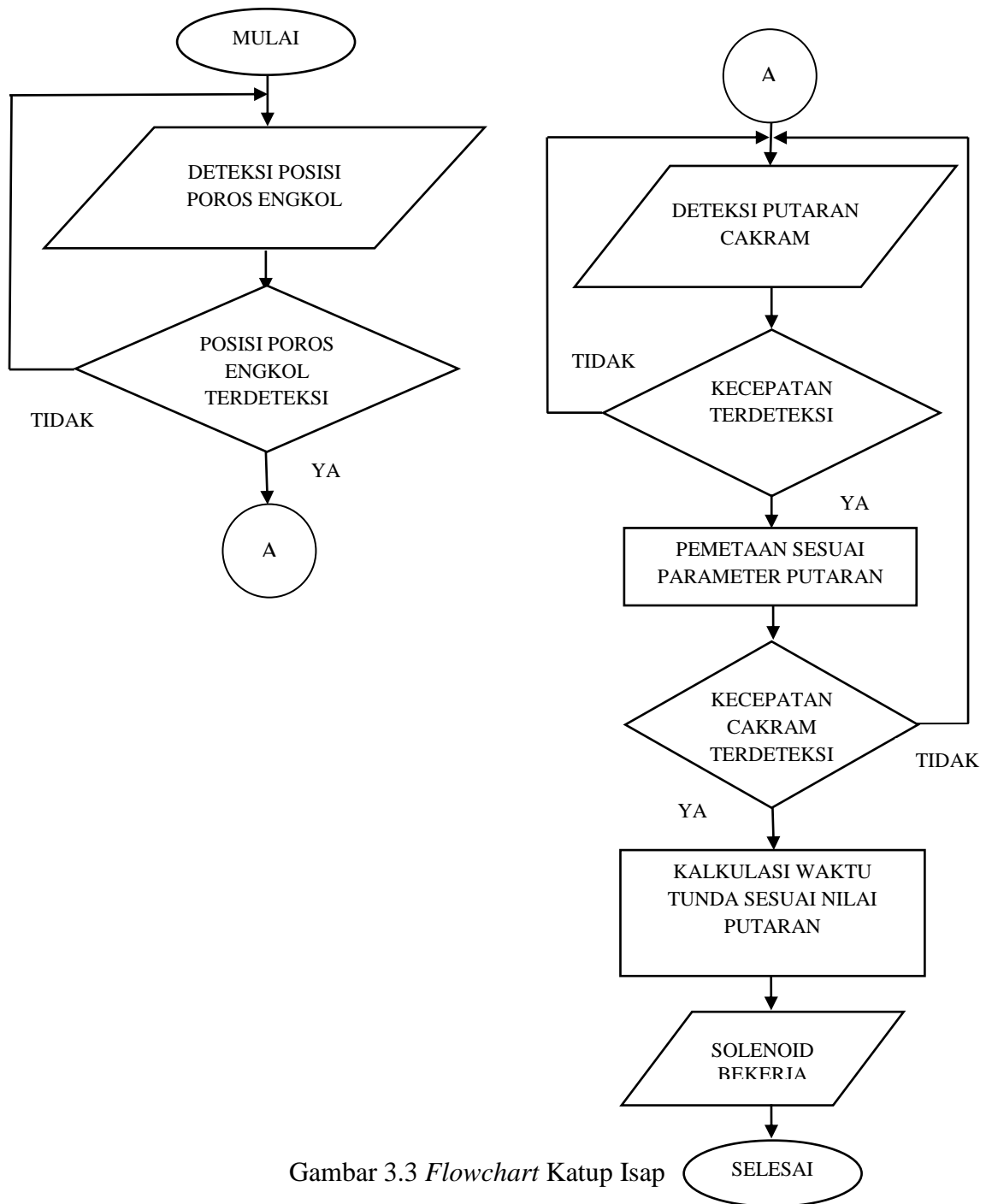
RPM	RPS	Cycle/2 rotation	t 1 putaran = ... (detik)	t 1 derajat = ... (detik)	t buka katup (260°)
100	1.666667	0.833333333	0.6	0.001666667	0.433333333
150	2.5	1.25	0.4	0.001111111	0.288888889
200	3.333333	1.666666667	0.3	0.000833333	0.216666667
250	4.166667	2.083333333	0.24	0.000666667	0.173333333
300	5	2.5	0.2	0.000555556	0.144444444
350	5.833333	2.916666667	0.171428571	0.00047619	0.123809524
400	6.666667	3.333333333	0.15	0.000416667	0.108333333
450	7.5	3.75	0.133333333	0.00037037	0.096296296
500	8.333333	4.166666667	0.12	0.000333333	0.086666667

	RENDAH
	MENENGAH
	TINGGI
	AREA VVt

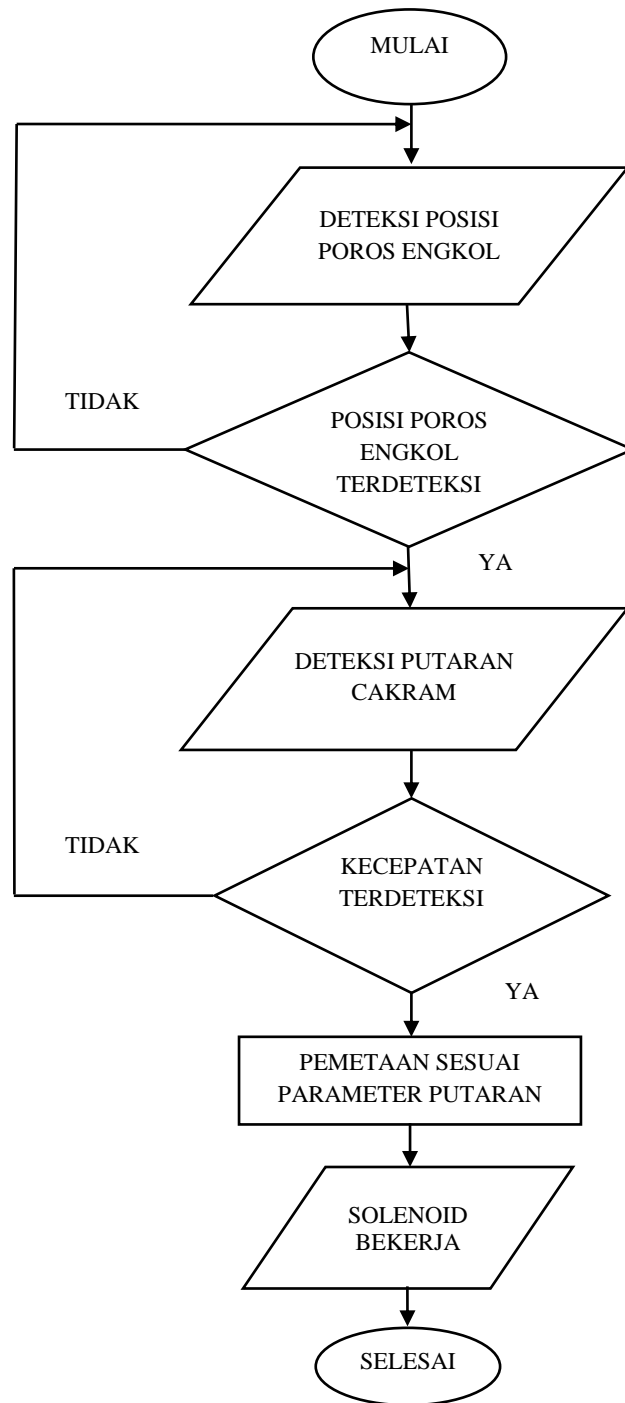
(Catatan: Perhitungan Tabel 3.3 pada lampiran Perhitungan 1.

3.5.3 Flowchart Desain Alat

a. Katup Isap



Gambar 3.3 Flowchart Katup Isap

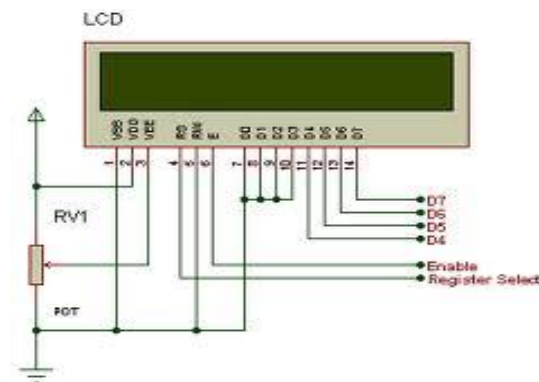
b. Katup BuangGambar 3.4 *Flowchart* Katup Buang

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian

Proses pengujian terhadap beberapa subsistem, sebelum nantinya akan digabungkan menjadi satu sistem yang utuh, meliputi pengujian terhadap rangkaian LCD 16 x 2, pemilihan parameter putaran cakram motor, pengujian transmisi data, pengujian respon sensor poros engkol dan nantinya apabila sudah digabungkan, maka akan dilakukan pengujian terhadap respon *solenoid*.

4.1.1 Hasil Pengujian Rangkaian LCD 16 x 2



Gambar 4.1 Rangkaian LCD

Pada rangkaian LCD yang digunakan telah bekerja sesuai dengan yang diharapkan, hal ini terbukti dengan munculnya karakter huruf dan angka yang ditulis pada program telah sesuai dengan yang ditampikan pada LCD. Berikut ini merupakan contoh program LCD dengan menggunakan CodeVision AVR

```
sprintf(atas,"encoder = %d",cnt_lubang1);  
sprintf(bawah,"RPM =%3.2f",hasil1);  
lcd_gotoxy(0,0);  
lcd_puts(atas);
```

```

lcd_gotoxy(0,1);
lcd_puts(bawah);
delay_ms(50);

```

Program diatas akan memunculkan karakter “encoder dan RPM ” beserta nilai perhitungannya. LCD yang digunakan merupakan tipe 16 X 2, sehingga pada baris pertama memunculkan karakter berupa tulisan Encoder beserta nilainya, dan pada baris kedua memunculkan karakter berupa tulisan RPM beserta nilainya. Gambar 4.2 di bawah merupakan contoh tampilan saat LCD digunakan untuk menampilkan data *encoder* dan RPM.



Gambar 4.2 Tampilan Karakter pada LCD

4.1.2 Hasil Pengujian Pemilihan Parameter Putaran Cakram Motor

Pada penulisan skripsi ini, penulis menggunakan parameter putaran cakram untuk mengetahui berapa lama waktu yang digunakan untuk solenoid bekerja. Cakram diputar oleh motor DC yang untuk mengetahui kecepatan putarannya menggunakan *encoder*.

Putaran cakram yang digunakan memiliki satuan RPM. Ada sembilan nilai putaran yang akan diuji, yaitu dari 100 RPM sampai 500 RPM dengan interval sebesar 50 RPM. Beberapa kondisi ditetapkan berdasarkan tingkat putaran motor, yaitu putaran rendah, menengah dan tinggi. Putaran rendah memiliki nilai 100 – 200 RPM, putaran menengah memiliki nilai 250 – 350 RPM dan putaran tinggi memiliki nilai 400 – 500 RPM.

Pengaturan putaran motor dilakukan dengan mengatur tegangan yang masuk kedalam motor. Sistem PWM tidak dilakukan, Karen menggunakan *power supply* untuk mengatur tegangan yang masuk ke motor, sehingga putaran motor untuk proses pensinyalan dapat dipilih dengan mudah. Hal ini dilakukan karena pada kondisi yang sebenarnya, perubahan putaran lebih bervariasi. Tetapi untuk pengambilan data, dilakukan pemantauan sistem dengan parameter nilai putaran yang ditentukan.

Untuk mengidentifikasi nilai RPM dari motor menggunakan *script* sebagai berikut:

```

interrupt [EXT_INT0] void ext_int0_isr(void)
{
    cnt_lubang1++;
}

#include <stdio.h>

interrupt [TIM0_OVF] void timer0_ovf_isr(void)
{
    TCNT0=0x37;
    cnt_1Hz++;
    x++;
    if (x<=lpwm) PORTD.5=1; else PORTD.5=0;
    if (cnt_1Hz>=54)
    {
        cnt_1Hz=0;
        mode_state= hitung;
    }
}

void itung_count()
{
    lcd_clear();
}

```

```

hasil1 = (((float) cnt_lubang1/100)/0.01666666666666666666666666666666667);
hasil=hasil1;
printf(atas,"encoder = %d",cnt_lubang1);
printf(bawah,"RPM =%3.2f",hasil1);

lcd_gotoxy(0,0);
lcd_puts(atas);
lcd_gotoxy(0,1);
lcd_puts(bawah);
delay_ms(50);
}

```

Untuk memastikan putaran dengan satuan RPM memiliki nilai yang baik, maka dilakukan pengujian dengan membandingkan nilai yang tertera pada LCD dan nilai yang tertera di *Tachometer*. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, diperoleh tabel sebagai berikut:

Tabel 4.1 Perhitungan $E\%$ Parameter Putaran

No.	Nilai RPM (Parameter Referensi)	Nilai RPM (<i>Tachometer</i>)	Nilai RPM (LCD)	Error % (Parameter - <i>Tachometer</i>)	Error % (LCD - <i>Tachometer</i>)
1	100	106,5	100,2	6,5 %	5,91 %
2	150	157,7	150,6	5,133 %	4,50 %
3	200	215,4	202,2	7,7 %	6,12 %
4	250	264,2	250,8	5,68 %	5,07 %
5	300	311	297,4	3,66 %	4,37 %
6	350	372,7	352,8	6,48 %	5,33 %
7	400	425,1	405,6	6,27 %	4,58 %
8	450	473,1	451,2	5,13 %	4,62 %
9	500	521,8	504,6	4,36 %	3,29 %

Pengambilan data bertujuan untuk membandingkan nilai keluaran yang tertera baik di LCD maupun pada referensi, dengan alat ukur yang memiliki kepresisian, agar diketahui kualitas dari sistem yang dibuat. Dari Tabel 4.1, data pembandingan putaran pada parameter referensi putaran yang tertera pada LCD dan pada *Tachometer* dihasilkan beberapa nilai yang memiliki selisih. Selisih nilai yang dihasilkan kemudian diolah untuk menghasilkan nilai *Error %* yang nantinya akan digunakan untuk menilai tingkat kepresisian dari pengukuran parameter tersebut. Untuk memperoleh nilai dari *Error %* digunakan rumusan:

$$E \% = \left| \frac{HT-HP}{HT} \right| \times 100 \% \dots\dots\dots (1)$$

keterangan:

HT = Harga Teori = Harga Referensi

HP = Harga Praktek

Berdasarkan pada Tabel 4.1 data ke-4, maka diperoleh rangkuman data sebagai berikut:

1. Nilai RPM (Parameter Referensi) = 250 RPM
2. Nilai RPM (*Tachometer*) = 264,2 RPM
3. Nilai RPM (LCD) = 250,8 RPM

Digunakan rumus (1), sehingga diperoleh proses perhitungan untuk

$E\%$ *Parameter-Tachometer* dan $E\%$ *LCD-Tachometer* sebagai berikut:

$$\begin{aligned} E\%_{\text{Parameter-Tachometer}} &= \left| \frac{HT-HP}{HT} \right| \times 100 \% \\ &= \left| \frac{250 - 264,2}{250} \right| \times 100 \% \\ &= 5,68 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E\%_{\text{LCD-Tachometer}} &= \left| \frac{HT-HP}{HT} \right| \times 100 \% \\
 &= \left| \frac{250,8 - 264,2}{250,8} \right| \times 100\% \\
 &= 5,07 \%
 \end{aligned}$$

Perhitungan di atas merupakan suatu contoh perhitungan dari Tabel 4.1 data ke-4 untuk mengetahui tingkat kepresisian dari alat yang dibuat, dengan menghitung *Error %* (E%) dari beberapa perbandingan nilai referensi yaitu parameter, dan yang terukur di alat ukur Tachometer. Untuk nilai E% dari Parameter dan Tachometer didapat nilai E% sebesar 5,68%, sedangkan untuk LCD dan Tachometer didapat nilai sebesar 5,07%. Sedangkan untuk pengukuran keseluruhan yang tercantum pada Tabel 4.1, E% yang didapat memiliki nilai paling rendah sebesar 3,29 % dan tertinggi 7,7 %. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa proses pengaturan untuk menghasilkan keluaran putaran motor kemudian diukur dan dibandingkan nilainya dengan menggunakan alat ukur Tachometer mendapatkan hasil yang baik, dengan selisih nilai dan tingkat *Error %* yang kecil, sehingga dapat disimpulkan bahwa parameter putaran cakram akurat. Tingkat keakuratan ini nantinya akan sangat mempengaruhi untuk kerja sistem lainnya yang dipengaruhi kecepatan putaran cakram yang digerakkan oleh motor, sehingga sinkronisasi antar sistem dapat berjalan dengan maksimal.

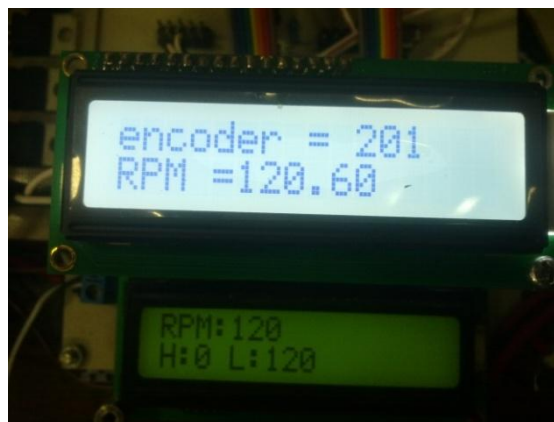
4.1.3 Hasil Pengujian Transmisi Data antar Mikrokontroler

Pada penyusunan skripsi ini, digunakan dua buah mikrokontroler dengan jenis ATmega8535. Penggunaan sistem ini bertujuan agar nantinya respon dan pengaturan *timing*-nya bisa berjalan dengan akurat, karena solenoid bekerja dengan intensitas yang tinggi, berkisar antara 0,09 sampai 0,4 detik.

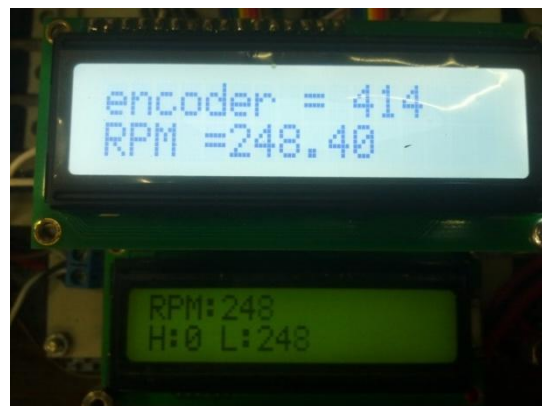
Mikrokontroler pertama berfungsi *transmitter*, untuk membaca nilai putaran cakram yang ter-*couple* dengan motor, pada sembilan nilai parameter putarannya.

Lalu data tersebut ditransmisikan ke mikrokontroler kedua. Mikrokontroler ini berfungsi untuk membaca sinyal dari *optocoupler* yang terpasang pada cakram, dan untuk mengatur lamanya solenoid bekerja.

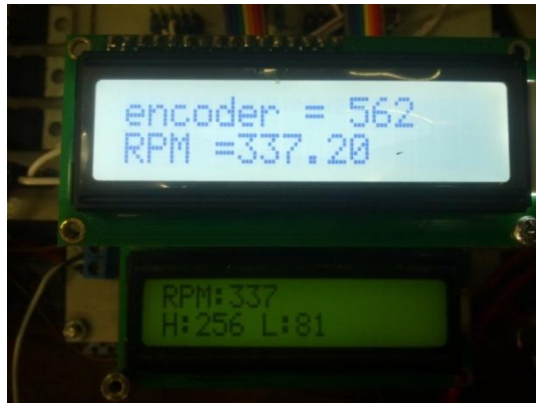
Dari penelitian yang penulis lakukan, pengujian untuk sistem transmisi data berjalan dengan maksimal. Apa yang terbaca di LCD pertama di mikrokontroler pertama dan LCD kedua di mikrokontroler kedua sesuai dengan apa yang diharapkan. Nilai RPM yang tercantum di kedua LCD tersebut sama, dan ketika diubah-ubah nilai RPM-nya pun sama dikeduanya.



Gambar 4.3 Transmisi Data 120 RPM



Gambar 4.4 Transmisi Data 248 RPM



Gambar 4.5 Transmisi Data 337 RPM

Dari data gambar yang telah di dapat, dihasilkan keadaan dimana saat proses transmisi dilakukan, maka respon pengiriman data dari *Tx* ke *Rx* berjalan dengan baik. Untuk komunikasi antar dua mikrokontroler dilakukan dengan cara *serial*. Hal ini dilakukan dengan menghubungkan PORTD.1 mikrokontroler pertama dengan PORTD.0 pada mikrokontroler kedua.

Untuk melakukan transmisi data dari mikrokontroler pertama sebagai *transmitter* ke mikrokontroler kedua sebagai *receiver* menggunakan *script*:

1. *Transmitter (tx)*:

```
// USART initialization
// Communication Parameters: 8 Data, 1 Stop, No Parity
// USART Receiver: Off
// USART Transmitter: On
// USART Mode: Asynchronous
// USART Baud rate: 9600
UCSRA=0x00;
UCSRB=0x08;
UCSRC=0x86;
UBRRH=0x00;
UBRRL=0x47;

putchar(dataL);
```


2. *Receiver (rx):*

```

// USART initialization
// Communication Parameters: 8 Data, 1 Stop, No Parity
// USART Receiver: On
// USART Transmitter: Off
// USART Mode: Asynchronous
// USART Baud rate: 9600
UCSRA=0x00;
UCSRB=0x90;
UCSRC=0x86;
UBRRH=0x00;
UBRRL=0x47;
interrupt [USART_RXC] void usart_rx_isr(void)
{
char status,data;
status=UCSRA;
data=UDR;
if ((status & (FRAMING_ERROR | PARITY_ERROR | DATA_OVERRUN))==0)
{
rx_buffer[rx_wr_index]=data;

dataL=rx_buffer[0];
dataH=rx_buffer[1];

// d_geser= dataH<<8;
//dataH_asli = (d_geser && 0xFF00 );
//dataH_asli= dataH & 0xFF;
d_geser= dataH<<8;
dataH_asli = (d_geser & 0xFFFF );
rpm= (dataL | dataH_asli);

if ((data==0xFF) | (++rx_wr_index == RX_BUFFER_SIZE)) rx_wr_index=0;

```

```

if (++rx_counter == RX_BUFFER_SIZE)
{
    rx_counter=0;
    rx_buffer_overflow=1;
};
};
}

```

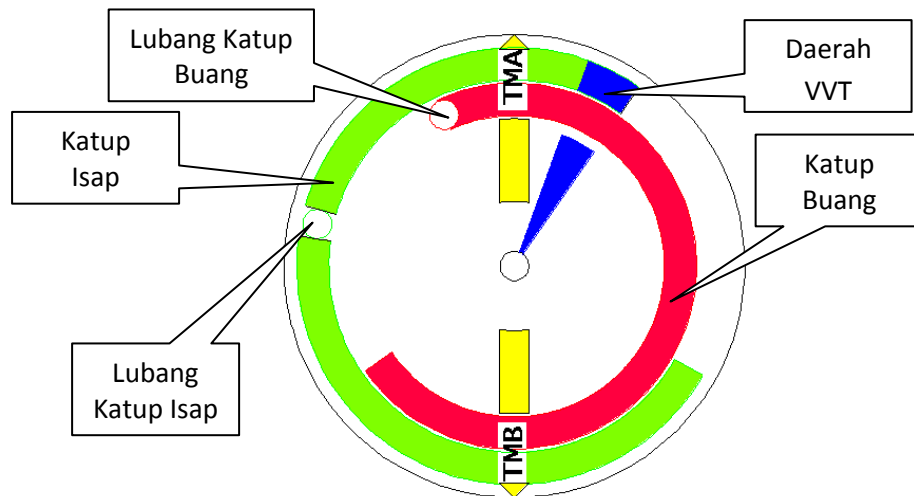
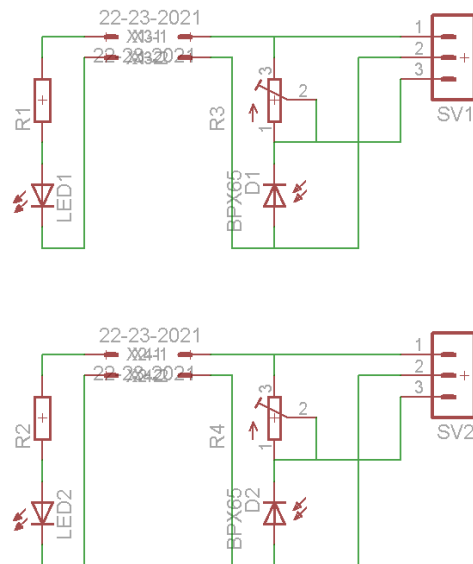
4.1.4 Hasil Pengujian Respon Sensor Poros Engkol pada Cakram

Sensor poros engkol menggunakan LED *super bright* untuk menghasilkan cahaya yang nanti pada saat berhadapan dengan lubang pada cakram, cahaya tersebut akan diteruskan kepada *photodiode*. Poros engkol memiliki 2 posisi yaitu TMA (Titik Mati Atas) dan TMB (Titik Mati Bawah), dimana katup isap akan terbuka pada 20° sebelum TMA dan menutup pada 60° setelah TMB. Sedangkan katup buang akan terbuka pada 55° sebelum TMB dan 25° setelah TMA. Karakteristik sistem yang digunakan, sama dengan karakteristik pada mesin dari Kawasaki Blitz, dimana memiliki profil noken as 260° . (Buku Panduan Servis Kawasaki,2009)

Sensor pada cakram yang ter-*couple* dengan motor sebagai penggerakannya, diberi lubang pada suatu nilai derajat yang digunakan untuk indikator dan proses pensensoran posisi poros engkol. Saat cahaya yang dibangkitkan oleh LED melawati lubang pada cakram, maka cahaya akan diteruskan menuju *photodiode*, sehingga *photodiode* ini akan mengeluarkan tegangan yang nantinya akan diolah mikrokontroler sebagai sinyal untuk kapan solenoid akan mulai bekerja.

Tabel 4.2 Karakter Noken As (Buku Panduan Servis Kawasaki,2009)

KATUP	BUKA	TUTUP
ISAP	20° sebelum TMA	60° setelah TMB
BUANG	55° sebelum TMB	25° setelah TMA

Gambar 4.6 Diagram *Timing*

Gambar 4.7 Rangkaian Sensor Cakram

Rangkaian sensor cakram seperti yang tertera pada gambar 4.7 memiliki prinsip kerja sama seperti sensor cakram untuk mendeteksi putaran motor, encoder. Untuk mengaktifkan sensor cakram dan mengintegrasikannya ke dalam mikrokontroler, digunakan *script*:

```
// External Interrupt 0 service routine
interrupt [EXT_INT0] void ext_int0_isr(void)
{
  hijau++;
}
```

```

}
// External Interrupt 1 service routine
interrupt [EXT_INT1] void ext_int1_isr(void)
{
merah++;
}

```

Pada sistem ini, untuk menentukan lamanya solenoid bekerja, dilakukan konversi dari nilai profil noken as dengan satuan derajat ($^{\circ}$) menjadi nilai dengan besaran waktu dengan satuan detik (s). Diperlukan beberapa persamaan untuk mengkonversikan dari referensi dengan satuan RPM, sampai waktu yang digunakan untuk berputar selama satu derajat. Untuk melakukan konversi tersebut digunakan perhitungan dengan persamaan :

1. RPM = putaran cakram dalam satu menit
2. RPS = $\frac{\text{RPM}}{60}$
3. Siklus = $\frac{\text{RPS}}{2}$
4. Waktu Satu Putar (WSP) = $\frac{1}{\text{RPS}}$
5. Waktu Satu Derajat (WSD) = $\frac{\text{waktu satu putar}}{360}$
6. Lamanya Katup Terbuka (LKT) = waktu satu derajat x 260

Keterangan:

1. RPM = merupakan jumlah putaran tiap satu menit
2. RPS = merupakan jumlah putaran tiap satu detik
3. Siklus = alat bekerja 1 kali dalam 2 putaran cakram
4. Waktu Satu Putar (WSP) = waktu yang diperlukan untuk berputar 1 putaran (360°)
5. Waktu Satu Derajat (WSD) = waktu yang digunakan untuk berputar 1°
6. Lamanya Katup Terbuka (LKT) = durasi lamanya katup bekerja

Contoh perhitungan:

Diketahui:

Nilai parameter RPM : 250 RPM

$$\begin{aligned}
 1. \text{ RPS} &= \frac{\text{RPM}}{60} \\
 &= \frac{250}{60} \\
 &= 4,166 \text{ RPS}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2. \text{ Siklus} &= \frac{\text{RPS}}{2} \\
 &= \frac{4,166}{2} \\
 &= 2,083
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3. \text{ WSP} &= \frac{1}{\text{RPS}} \\
 &= \frac{1}{4,166} \\
 &= 0,24 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 4. \text{ WSD} &= \frac{\text{WSP}}{360} \\
 &= \frac{0,24}{360} \\
 &= 0,00066 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 5. \text{ LKT} &= \text{WSD} \times 260 \\
 &= 0,173 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Untuk membuat karakteristik bagian dari pembukaan katup secara variabel maka penulis menggunakan area sebanyak 15^0 . $7,5^0$ pertama untuk putaran menengah dan $7,5^0$ kedua untuk putaran tinggi, dimana perhitungannya:

1. Putaran rendah = 15 x WSD
2. Putaran menengah = 7,5 x WSD
3. Putaran tinggi = 0 x WSD

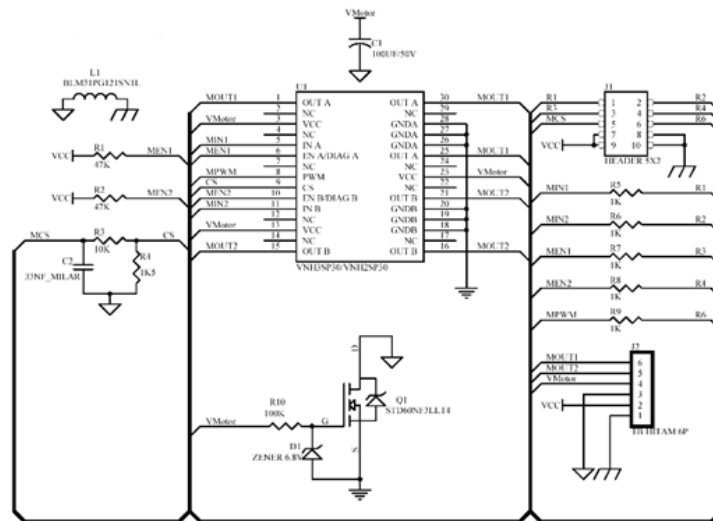
Pada cakram dibuat beberapa lubang untuk menentukan saat katup mulai bekerja, pada bagian katup isap, karena menggunakan karakter pembukaan katup variable, penempatan lubang pada 15^0 sebelum saat katup isap membuka secara normal. Hal ini dilakukan agar karakteristik buka katup isap saat kondisi putaran

tinggi, katup akan terbuka lebih awal. Pada saat itu, pendeteksian lubang oleh sensor poros engkol langsung terjadi dan diolah mikrokontroler. Saat putaran menengah, maka terdapat waktu tunda selama $7,5^0$, sebelum pada akhirnya mikrokontroler memerintahkan solenoid untuk bekerja. Pada putaran rendah, setelah sensor poros engkol bekerja, maka akan terjadi waktu tunda selama 15^0 sebelum pada akhirnya mikrokontroler memerintahkan solenoid untuk bekerja.

Setelah melakukan proses pemantauan dan pengambilan data, penulis mendapatkan hasil bahwa, sensor cahaya dapat menerima cahaya melawati lubang yang terdapat pada cakram. Penerimaan berlangsung baik dan lancar. *Switching* berjalan sesuai dengan karakter yang diprogram, dan sesuai dengan karakter noken as. Didapat juga berdasarkan percobaan putaran maksimal yang coba diberikan, respon yang dapat diterima sensor cahaya, maksimal sekitar pada 1100 RPM, melebihi nilai itu, sensor tidak dapat merespon, output sistem menjadi menyala terus menerus, tidak memungkinkan untuk dilakukannya proses *switching* oleh sistem yang dirancang.

4.1.5 Hasil Pengujian Respon Solenoid

Solenoid merupakan suatu alat yang bekerja dengan menggunakan prinsip medan elektromagnetik. Saat arus listrik mengalir melalui seutas penghantar, maka akan timbul medan elektromagnetik. Solenoid bekerja dengan memberikan tegangan sebesar 12 VDC dengan arus 10 A. Untuk mengendalikan kapan solenoid bekerja, digunakan rangkaian seperti yang diaplikasikan untuk mengendalikan motor DC. Menggunakan driver motor EMS 30 A H-Bridge dengan peruntukan sistem *switching* setengah *H-Bridge* pertama untuk solenoid 1 dan setengah *H-Bridge* kedua untuk solenoid 2.



Gambar 4.8 Rangkaian Driver Solenoid EMS 30 A *H-Bridge*

Pada penelitian skripsi ini, penulis menggunakan dua buah solenoid, dengan satu solenoid untuk katup isap dan satu solenoid untuk katup buang. Solenoid tersebut diatur sehingga menghasilkan tinggi angkatan 5 mm, karena karakteristik profil noken as juga memiliki tinggi angkatan 5 mm. Sistem yang dibangun merupakan simulasi untuk mengatur *timing* atau kapan dan berapa lama solenoid bekerja. Dengan menggunakan cakram sebagai indikator poros engkol, dimana pada cakram tersebut memiliki dua lubang, satu untuk katup isap dan satu untuk katup buang. Lubang sebagai indikator kapan solenoid bekerja. Parameter putaran cakram dengan satuan RPM digunakan untuk mengatur berapa lama solenoid bekerja. Dari satuan RPM nantinya akan diubah ke dalam satuan detik (s).

Tabel 4.3 *Counter* solenoid

counter	KATUP	
	hijau (isap)	merah (buang)
counter 1	1	0
counter 2	0	0
counter 3	0	0
counter 4	0	1
counter 5	1	0

Keterangan:

1. Isap (counter 1)

Lubang hijau terdeteksi ke-1, maka solenoid isap *on*, lubang merah terdeteksi ke-1, solenoid buang *off*.

2. Kompresi (counter 2)

Lubang hijau terdeteksi ke-2, maka solenoid isap *off*, lubang merah terdeteksi ke-2, solenoid buang *off*.

3. Tenaga (counter 3)

Lubang hijau terdeteksi ke-3, maka solenoid isap *off*, lubang merah terdeteksi ke-3, solenoid buang *off*.

4. Buang (counter 4)

Lubang hijau terdeteksi ke-4, maka solenoid isap *off*, lubang merah terdeteksi ke-1, solenoid buang *on*.

5. Counter 5 merupakan lanjutan dari counter 1, siklus kembali ke awal.

Untuk menentukan kapan saat solenoid bekerja dan tidak bekerja, menggunakan *script*:

```
if (hijau==1 && merah==0) {
```

```
if (rpm<100) {delay_ms(25);PORTA.1=1; PORTA.2=0; }
```

```
else if (rpm>100 && rpm<=150) { delay_ms(16.6);PORTA.1=1; PORTA.2=0; }
```

```
else if (rpm>150 && rpm<=200) { delay_ms(12.5);PORTA.1=1; PORTA.2=0; }
```

```
else if (rpm>200 && rpm<=250) { delay_ms(5);PORTA.1=1; PORTA.2=0; }
```

```
else if (rpm>250 && rpm<=300) { delay_ms(4.1);PORTA.1=1; PORTA.2=0; }
```

```
else if (rpm>300 && rpm<=350) { delay_ms(3.5);PORTA.1=1; PORTA.2=0; }
```

```
else if (rpm>350 && rpm<=1000) { PORTA.1=1; PORTA.2=0; }
```

```
}
```

```
else if (hijau==1 && merah==1) {PORTA.1=1; PORTA.2=0;}
```

```
else if (hijau==1 && merah==2) {PORTA.1=1; PORTA.2=0;}
```

```
else if (hijau==2 && merah==2) {PORTA.1=0; PORTA.2=0;}
```



```

else if (hijau==3 && merah==2) {PORTA.1=0; PORTA.2=0;}
else if (hijau==3 && merah==3) {PORTA.1=0; PORTA.2=0;}
else if (hijau==3 && merah==4) {PORTA.1=0; PORTA.2=1;}
else if (hijau==4 && merah==4) {PORTA.1=0; PORTA.2=1;}
else if (hijau==5 && merah==4) {PORTA.1=1; PORTA.2=1;}
else if (hijau==5 && merah==5) {PORTA.1=1; PORTA.2=0; hijau=1; merah=1;}

```

Motor bakar empat langkah memiliki dua keadaan pada setiap siklus bekerjanya piston. Empat langkah tersebut adalah langkah isap, kompresi, tenaga dan buang. Dengan karakter ini penulis membuat beberapa lubang pada cakram, yaitu dua lubang untuk nantinya digunakan pada proses pensinyalan untuk katup isap dan dua lubang yang digunakan untuk proses pensinyalan pada katup buang. Lubang pertama diletakkan pada saat dimana awal katup bekerja, dan lubang kedua pada saat katup tertutup. Kondisi ini juga sama terhadap katup buang.

Sistem *counter* disusun sesuai dengan yang dituliskan pada tabel 4.3, saat terdeteksi lubang pertama, maka kondisi akan *on* dan saat terdeteksi lubang kedua, maka kondisi yang sebelumnya *on*, menjadi *off*. Apabila kondisi pertama tidak terpenuhi *on*, maka kondisi kedua tidak *off*. Ada beberapa kondisi dimana meskipun lubang terdeteksi, tetapi tidak dikondisikan *on*, yaitu pada langkah kompresi.

Proses pemberian karakteristik pembukaan katup secara variable, dilakukan dengan menambahkan variabel referensi kecepatan pada *script* program untuk menentukan *delay*, Karen pada kondisi ini, saat sensor mendapatkan sinyal, maka alat tidak langsung bekerja, tetapi terdapat penundaan yang lamanya sesuai perhitungan, dengan rekapitulasi data pada Tabel 3.2 pada kolom 6, 7 dan 8, yang dikutip pada Tabel 4.4 Karakteristik ini dapat didefinisikan saat bekerja pada putaran rendah, maka katup akan terbuka secara normal, saat menginjak ke putaran menengah, maka katup akan membuka sedikit lebih cepat daripada saat bekerja di putaran rendah, dan pada saat putaran tinggi, maka katup akan terbuka lebih cepat daripada saat putaran menengah.

Tabel 4.4 Karakteristik VVt

Tunda ISAP (<i>Low</i> = 15 ⁰)	Tunda ISAP (<i>Med</i> = 7.5 ⁰)	Tunda ISAP (<i>Hi</i> = 0 ⁰)
0.025	-	-
0.016666667	-	-
0.0125	-	-
-	0.005	-
-	0.004166667	-
-	0.003571429	-
-	-	0
-	-	0
-	-	0

RENDAH

MENENGAH

TINGGI

AREA VVt

Pada proses pengujiannya, pengamatan terhadap karakteristik yang diberikan mengalami kendala, karena proses pengamatan untuk kecepatan tinggi tidak dapat dilakukan dengan mata telanjang, namun dengan merekam alat pada saat bekerja dengan *format* video. Penggunaan *handycam* untuk proses perekaman juga mengalami kendala, karena saat diperlambat, potongan dari beberapa *frame* video terlihat bayangan dan mengganggu proses pengamatan. Dari Tabel 4.4, saat dalam kondisi putaran rendah (*low*) dan menengah (*med*) diberikan nilai *delay* dengan besaran tertentu, sedangkan pada putaran tinggi (*hi*) tidak diberikan, karena, pemberian lubang, dihitung pada saat jarum indikator menunjukkan posisi cakram dimajukan sebesar 30⁰, sehingga saat kondisi putaran rendah dan menengah memiliki waktu *delay* sesuai dengan keadaan normalnya, atau digunakan kondisi yang dibalik.

Pegas memiliki kekuatan masing-masing. Dilakukan pengukuran untuk mengetahui seberapa besar gaya yang dibutuhkan untuk menekan pegas tersebut. Besaran gaya yang dibutuhkan tersaji pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Pengukuran Gaya untuk Menekan Katup

No.	Pegas	Gaya untuk Menekan Katup (lift 5 mm)
1	Katup Isap	3 Kg
2	Katup Buang	2,7 Kg

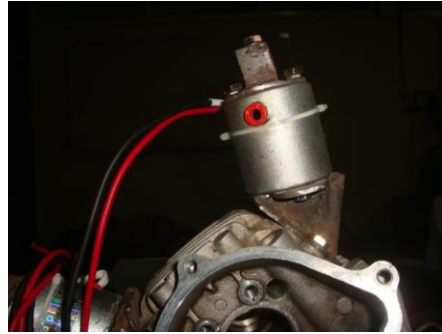
Dari data table 4.5, diperoleh perbedaan hasil pengukuran dua data antara pegas katup isap dan katup buang. Hal ini dikarenakan meskipun sama-sama pegas tetapi selama penggunaannya telah terjadi perubahan fisika sehingga mempengaruhi besar gaya yang dibutuhkan untuk menekannya.

Proses pengukuran terhadap arus yang mengalir pada solenoid, baik saat *start* maupun saat telah bekerja juga dilakukan. Pengukuran pada saat *start* dilakukan dengan menahan poros solenoid dan pengukuran solenoid saat bekerja normal dilakukan tanpa menahan solenoid.

A. Pengukuran pada saat solenoid *start*:

Gambar 4.9 Proses Penahan Poros Solenoid (*start*)Gambar 4.10 Besar Arus yang Terbaca *Amperemeter*

B. Pengukuran pada saat solenoid bekerja:



Gambar 4.11 Solenoid Bekerja Normal



Gambar 4.12 Besar Arus yang Terbaca *Amperemeter*

Dari hasil pengukuran yang dilakukan, didapat data bahwa saat *start*, solenoid membutuhkan arus yang lebih besar daripada saat solenoid bekerja normal. Hal ini dikarenakan terdapat beban yang berupa pegas, untuk ditekan solenoid. Nilai yang didapat dari proses pengukuran yaitu:

Tabel 4.6 Data Pengukuran Solenoid *Start* dan Normal

No.	Solenoid	<i>Start</i>	Normal
1.	Solenoid 1	8 A	7,5 A
2.	Solenoid 2	8,5 A	8 A

Pengujian akhir dari simulasi sistem dilakukan untuk mengetahui apakah solenoid bisa digunakan untuk menggantikan sistem kerja pengangkatan katup isap maupun buang yang secara konvensional menggunakan noken as, diganti dengan menggunakan solenoid. Dari penelitian yang dilakukan, saat motor dinyalakan untuk memutar cakram, maka solenoid dapat bekerja. Masing-masing solenoid bekerja

secara optimal dengan waktu mulai kerja dan lama bekerjanya sesuai dengan apa yang telah dirancang melalui program.

Proses pengaturan putaran motor, dilakukan dengan mengatur tegangan yang masuk ke dalam motor , sehingga nilai yang tertera pada LCD maksimal sebesar 100-500 RPM dengan interval 50 RPM. Data diambil dengan merekam saat sistem bekerja. Dari proses pemantauan yang dilakukan, maka diambil data pengamatan dari tiga kali running dengan sumber tegangan yang sama. Solenoid akan bekerja saat sensor cahaya menerima pancaran cahaya melalui lubang dan solenoid akan aktif. Lama solenoid bekerja bergantung pada kapan sensor cahaya menerima pancaran cahaya untuk yang kedua kalinya, dan ini diatur dengan sistem *counter*.

Tabel 4.7 Hasil Kerja Alat

Run ke...	Solenoid	Putaran Motor (RPM)									Prosentase Keberhasilan
		100	150	200	250	300	350	400	450	500	
1	Sol. 1	b	b	b	b	b	b	b	b	b	100 %
	Sol. 2	b	b	b	b	b	b	b	b	b	100 %
2	Sol. 1	b	b	b	b	b	b	b	b	b	100 %
	Sol. 2	b	b	b	b	b	b	b	b	tb	88,8 %
3	Sol. 1	b	b	b	b	b	b	b	b	b	100 %
	Sol. 2	b	b	b	b	b	b	tb	tb	tb	66,6 %

Keterangan:

- C. Sol. 1 : Solenoid Katup Isap
- D. Sol.2 : Solenoid Katup Buang
- E. b : Bekerja baik
- F. tb : Bekerja tidak baik

Tabel 4.7 merupakan tabel data kondisi pemantauan keadaan pada saat proses kerja alat. Dari tabel di atas dapat dianalisis bahwa solenoid untuk katup isap bekerja baik. Saat dilakukan *running* alat, solenoid bekerja terus-menerus setiap diberi sinyal dari mikrokontroler. Untuk solenoid katup buang, ada beberapa kondisi dimana solenoid bekerja tetapi kondisinya lemah. Kondisi seperti ini dikategorikan

dalam keadaan tidak baik, karena target untuk karakteristik kerjanya belum tercapai dengan baik. Hal ini dikarenakan kondisi solenoid dan besar arus yang masuk ke dalam solenoid berkurang karena proses pemakaian yang terus menerus. Arus yang masuk ke dalam solenoid berkurang karena pemakaian, karena tidak diiringi dengan proses pengisian pada sumber tegangan.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian tentang perancangan sistem Simulasi Pengaturan *Timing* Katup Isap dan Buang dengan Menggunakan Mekanisme Aktuator Katup Elektronik pada Motor Bakar Empat Langkah, dapat diambil kesimpulan:

1. Penentuan nilai RPM dilakukan dengan skala 1:10 (100 RPM – 500 RPM) karena sistem merupakan sistem simulasi dari penerapan sistem sesungguhnya.
2. Terdapat selisih nilai *Error %* dari pengukuran RPM dengan nilai paling rendah 3,66% dan paling tinggi 7,7%
3. Maksimal putaran cakram yang terdeteksi 1100 RPM.
4. Terdapat perbedaan nilai arus yang dipakai *solenoid* pada saat *start* maupun bekerja normal sebesar 0,5A.
5. Solenoid katup isap bekerja dengan baik dengan prosentase 100%.
6. Solenoid katup buang bekerja dengan kegagalan sebanyak empat kali, satu kali saat *running* ke dua dengan prosentase 88 % dan tiga kali saat *running* ke tiga dengan prosentase 66 %.
7. Untuk karakteristik kapan saat solenoid bekerja, dapat digunakan sistem *switching*.
8. *Solenoid* dapat digunakan untuk menggantikan mekanisme pergerakan katup secara konvensional.

5.2 Saran

Dari penelitian yang penulis lakukan, maka saran untuk pengembangan sistem ini lebih lanjut adalah :

1. Pemilihan solenoid diharuskan lebih baik, agar kinerja yang dihasilkan lebih baik, sesuai dengan karakter sistem dan parameter putaran.
2. Penggunaan jenis sensor bisa memiliki banyak variasi, karena setiap sensor memiliki keterbatasan, utamanya karena pembacaan sinyal sistem terjadi dengan intensitas tinggi.
3. Kamera berkecepatan tinggi dapat digunakan untuk merekam pergerakan cakram, karena menggunakan kamera konvensional menimbulkan beberapa gangguan saat pemutaran *video* yang diperlambat.
4. Skripsi dengan bahasan pengaturan *timing* katup isap dan buang dengan menggunakan mekanisme aktuator katup elektronik pada motor bakar empat langkah bisa dikembangkan lagi baik pada sisi elektronik maupun mekaniknya.

DAFTAR PUSTAKA

- Gray, Andrew John, 2001. *Electronic Valve Actuation*. Australia: University of Queensland
- Harsanto. 1981. *Motor Bakar*. Indonesia: Penerbit Djambatan.
- Surbakty, BM. 1985. *Pesawat Tenaga Panas-Motor Bakar*. Surakarta: Penerbit MUTIARASOLO.
- Sutabri, Tata, S. Kom., MM. 2004. *Pemrograman Terstruktur*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Hayt, William H, JR.1997. *Elektromagnetika Teknologi*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- <http://id.wikipedia.org/wiki/Solenoid>
- <http://solusimobil.com/index.php/201009125675/advertorial/new-product-a-technology/memahami-cara-kerja-teknologi-vtec-dan-i-vtec/menu-id-282.html>

LAMPIRAN

1. PERHITUNGAN

- 1.1 Perhitungan Durasi Buka Katup Isap
- 1.2 Perhitungan Durasi Buka Katup Buang
- 1.3 Perhitungan *Error %* Parameter – *Tachometer*
- 1.4 Perhitungan *Error %* LCD - *Tachometer*

2. SCRIPT PROGRAM

3. DATASHEET