

BAB II

PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH

A. Engine Control Unit Programmable

ECU (*Engine Control Unit*) adalah sebuah perangkat elektronik yang berfungsi untuk mengatur operasi dari *internal combustion engine*. Manfaat menggunakan ECU ini akan menyebabkan waktu pengapian dan penyemprotan bahan bakar lebih presisi. Ada beberapa cara untuk memperoleh pembakaran yang sempurna diantaranya adalah mengontrol jumlah bahan bakar ke dalam mesin dan waktu penginjeksian sehingga jumlah bahan bakar dapat diatur sesuai dengan kebutuhan mesin serta mengontrol proses pembakaran dengan *timing advance* pengapian yang tepat sehingga seluruh campuran bahan bakar dengan udara terbakar sempurna.

Komputer pengontrolan EFI dapat digolongkan menjadi dua jenis, tergantung pada perbedaan metode yang digunakan untuk menentukan jumlah bahan bakar yang dapat diinjeksikan. Salah satunya adalah jenis rangkaian analog (*analog circuit type*), yang mana pengontrolan waktu injeksi berdasarkan waktu yang diperlukan kapasitor untuk pengisian (*charge*) dan pengeluaran (*discharge*). Jenis lainnya adalah jenis pengontrolan dengan microcomputer (*microcomputer controlled type*), yang mana komputer ini digunakan untuk menyimpan data *base mapping* dalam memori untuk menentukan waktu penginjeksian (*injection timing*) dan durasi bahan bakar yang diinjeksikan serta mengontrol proses pembakaran dengan *timing advance* .

ECU bekerja secara *digital logic* dengan sebuah mikrokontroler yang berfungsi mengolah data dengan proses membandingkan dan mengkalkulasi data untuk disesuaikan oleh kebutuhan mesin. Pengolahan data dari berbagai sensor-sensor yaitu *Throttle Position Sensor (TPS)*, *Intake Air Temperature sensor (IATS)*, *Manifold Air Pressure (MAP)*, *Crank Position Sensor*, *Oxygen Sensor*, *Knock Sensor*, dan *Coolant Temperature*

Sensor. Informasi dari sensor-sensor tersebut akan diproses oleh mikrokontroler untuk memerintah actuator yaitu *injector*, *coil*, *fuel pump*, dan *fan*. Akan tetapi muncul masalah baru, dimana ECU asli kendaraan pada umumnya tidak dapat dirubah *base mapping* yang tersimpan pada memori ECU tersebut atau biasa disebut *Fix Mapping*.

Pada umumnya para mekanik, khususnya mekanik racing akan membuat karakteristik mesin yang berbeda dari mesin pabrikan pada umumnya. Ini berguna untuk menaikkan tenaga pada mesin balap, sehingga para mekanik akan mendesain mesin mereka sesuai *track* atau lintasan yang digunakan. Setiap lintasan yang berbeda akan membuat *settingan* kendaraan yang berbeda juga. Untuk ECU *standart* pabrikan, mekanik akan kesulitan untuk mengubah durasi penginjeksian (*injection duration*), waktu penginjeksian (*injection timing*), dan waktu pengapian busi (*ignition advance*) dikarenakan *base mapping* pada ECU *standart* tidak dapat dirubah. Padahal untuk menaikkan tenaga mesin harus melalui proses mengubah durasi penginjeksian (*injection duration*), waktu penginjeksian (*injection timing*), dan waktu pengapian busi (*ignition advance*). Oleh karena itu para mekanik balap membutuhkan alat yang dapat mempermudah pekerjaan mereka. Salah satunya adalah ECU Programmable, dimana alat ini dapat mengkonfigurasi mesin balap dengan ECU. Dengan alat ini para mekanik dapat menyesuaikan *base mapping* terbaik pada mesin mereka masing-masing.

Richard Bendell, Pendiri MoTeC pada tahun 1980 yang awalnya adalah bengkel rumahan. Merancang ECU MoTeC ternama didunia yang banyak dipakai pada kejuaraan balap dunia, dengan menggunakan *microcontroller* 32 bit MC68332ACFC16 dengan spesifikasi speed prosessornya 20.97 MHz.

Welly Yulli (2011) membuat ECU dengan *microcontroller* ATmega 128 8-bit dengan *speed* 16 MHz yang digunakan untuk mengontrol *engine* PEX dan honda revo yang digunakan untuk mengikuti lomba Shell Eco Marathon ASIA.

Bruce Bowling dan Al Grippo (2001), Merancang ECU Programmable Megasquirt dengan *microcontroller* 8-bit 68HC908, dengan spesifikasi speed prosessornya 8 Mhz, 32 kB Flash dan 512 user.

Dari uraian - uraian di atas penulis membuat proyek akhir yang berjudul “Electronic Control Unit Programmable (ECU Programmable) Menggunakan ATmega2560 “.

ECU Programmable (*Engine Control Unit Programmable*) adalah sebuah alat control elektronik yang berfungsi untuk mengendalikan serangkaian aktuator pada mesin pembakaran dalam, seperti pengapian dan penginjeksian. Secara singkat, ECU merupakan otak dari suatu mesin kendaraan yang telah dicomputerize. Hal ini dilakukan dengan mendeteksi atau membaca nilai dari berbagai sensor yang terdapat pada mesin, kemudian memproses data yang diambil dari sensor ke mikrokontroller ECU secara aritmatik dan logic. Selanjutnya menafsirkan data menggunakan peta kinerja multidimensi (disebut tabel pencarian), dan menyesuaikan aktuator mesin.

Alat ini dapat mengendalikan aktuator sesuai *mapping* yang kita buat melalui software yang terhubung pada perangkat komputer. Contoh fitur yang dapat diprogram seperti :

1. Limiter Engine

Fitur ini adalah untuk membatasi putaran mesin, pengguna bebas memasukan nilai parameter limiter engine ke dalam *ecu programmable*.

2. Spark Advance

Fitur ini adalah nilai waktu dimana busi memercikan bunga api dalam satuan derajat. Pengguna dapat memberi nilai sesuai kebutuhan mesin.

3. Fuel Table

Fitur ini adalah persentasi tabel jumlah bahan bakar yang di injeksikan. Pengguna dapat memberi nilai sesuai kebutuhan mesin.

4. Timing Injection

Fitur ini adalah nilai waktu penginjeksian dalam satuan derajat.

Selain sebagai fungsi control, ECU juga berfungsi sebagai alat protection system pada suatu kendaraan. Jika terdapat sesuatu yang hal yang aneh, maka sensor akan mengirimkan sinyal kepada ECU untuk mematikan seluruh sistem yang ada pada kendaraan tersebut.

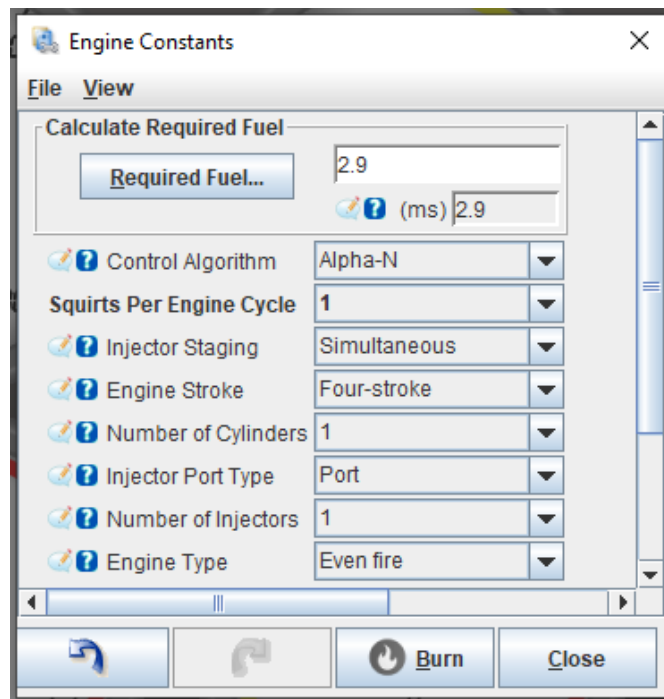
B. Tuning Program ECU

Tuning ECU (*Engine Control Unit*) adalah sebuah proses melakukan kalibrasi ulang atau perubahan data pada ECU, dengan kata lain adalah proses mensetting ulang ECU agar sesuai dengan kebutuhan mesin, dengan tujuan untuk mengoptimalkan tenaga, torsi, dan efisiensi bahan bakar. Untuk melakukan Tuning ECU dibutuhkan suatu software aplikasi khusus yang nantinya dipakai untuk melakukan editing data basemap, kemudian data basemap tadi di upload kembali kedalam ECU.

Tuning dapat mencakup berbagai penyesuaian dan modifikasi, seperti penyesuaian sistem bahan bakar dan sistem pengapian untuk perombakan mesin yang signifikan. Penyesuaian kinerja suatu mesin dapat melibatkan merevisi beberapa keputusan desain yang diambil selama pengembangan mesin. Untuk kendaraan yang diproduksi setelah sekitar tahun 2002, perusahaan tuning aftermarket telah memanfaatkan protokol OBDII untuk komunikasi kendaraan dan telah mengembangkan alat yang sangat populer untuk hanya mem-flash ECU. Mem-flash ECU standart merupakan pekerjaan yang tidak lengkap, di mana *tuner* tidak memiliki akses ke semua tabel atau data kalibrasi sensor di ECU. Standalone ECU merupakan solusi terbaik untuk penyesuaian kinerja mesin, dimana ECU Standalone ini dapat menyesuaikan data tuning ataupun data kalibrasi sensor di ECU. Contoh aplikasi *software* untuk mentuning program pada ECU Standalone yaitu EFI Analysis Tuner Studio MS v3, Berikut Contoh menu pada aplikasi EFI Analysis Tuner Studio MS v3:

1. *Basic Engine Constants*

Menu ini digunakan untuk mengonfigurasi dasar pengontrolan algoritma yang digunakan untuk pemetaan pada tabel mapping *volumetric efficiency* dan pada tabel mapping *spark advance*.



Gambar 1. Menu *Basic Engine Constants*

Ada dua pilihan untuk pengontrolan algoritma, berikut pilihan algoritma:

a. *Alpha-N*

Pengontrolan algoritma jenis *Alpha-N* ini adalah pengontrolan yang pemetaan tabel mappingnya berdasarkan bukaan katup pada throttle position sensor.

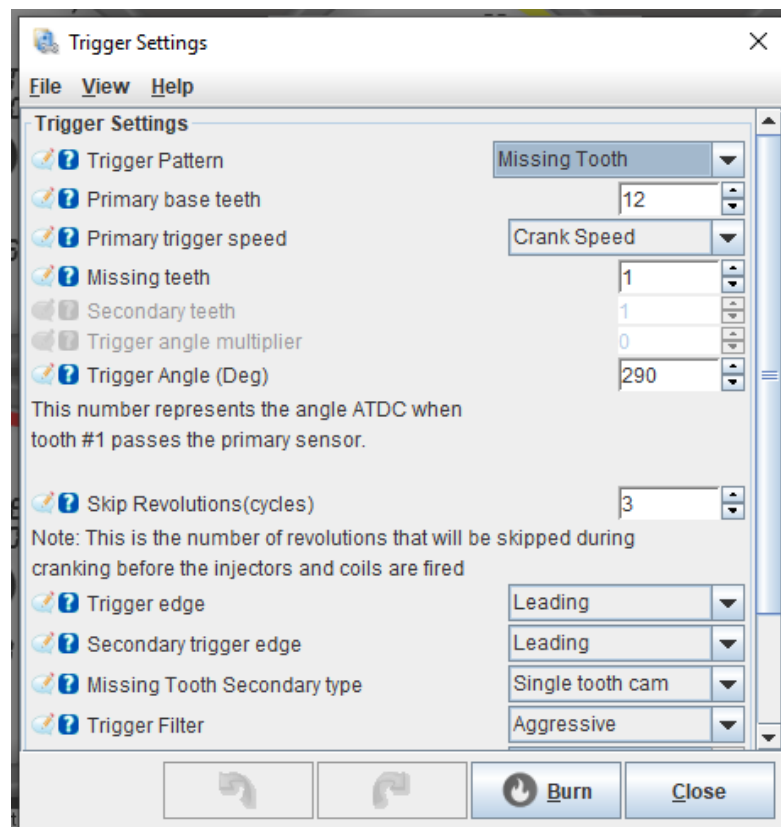
b. *Speed Density*

Pengontrolan algoritma jenis *Speed Density* ini adalah pengontrolan yang pemetaan tabel mappingnya berdasarkan perbedaan tekanan pada *intake manifold*

Pada menu ini juga dapat mengatur jenis mesin yang akan digunakan seperti four stroke (4 Langkah) ataupun two stroke (2 Langkah).Kemudian dapat memilih jumlah silinder yang digunakan dan memilih tipe injektor yang digunakan.

2. Basic Trigger Settings

Menu ini digunakan untuk mengonfigurasi dasar dari pembacaan sudut crank, pembacaan RPM, dan pembacaan posisi Top silinder. Dibutuhkan sensor CKP (*crankshaft position sensor*) untuk pembacaan sudut crankshaft dan pembacaan RPM, serta membutuhkan sensor CMP (*camshaft position sensor*) untuk pembacaan posisi Top silinder.



Gambar 2. Basic Trigger Settings

Berikut fungsi dari beberapa fitur pada menu *trigger settings*:

a. *Trigger Pattern*

Trigger Pattern adalah jenis pemacu *decoder* yang akan digunakan. Sebagai contoh “*missing tooth*”, jenis decoder ini adalah membaca gigi tonjolan *pick up* pada *pulley crankshaft* dengan acuan gigi tonjolan yang hilang (*missing tooth*) pada salah satu sisi *pulley crankshaft*.

b. *Primary Base Teeth*

Primary base teeth adalah jumlah gigi tonjolan keseluruhan lingkaran 360 pada *pulley crankshaft*.

c. *Primary Trigger Speed*

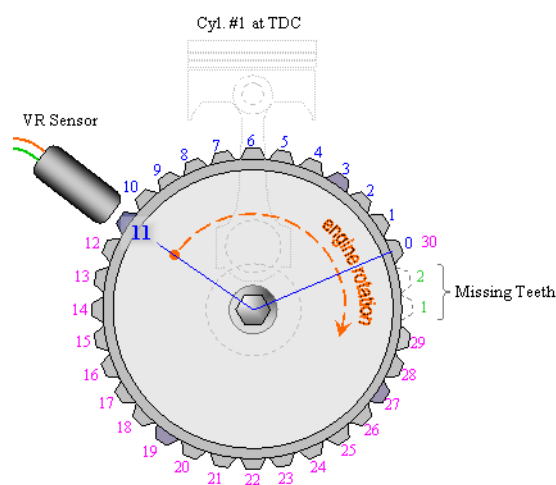
Primary Trigger Speed adalah acuan pembacaan sinyal RPM pada *pulley* utama.

d. *Missing Teeth*

Missing Teeth adalah jumlah gigi tonjolan yang hilang pada *pulley crankshaft* utama.

e. *Trigger Angle*

Trigger Angle adalah sudut ATDC (*after top dead center*) saat gigi tonjolan no 1 pada *pulley crankshaft* utama melewati sensor CKP. Berikut contoh gambar penjelasannya:



Gambar 3. *Trigger Angle* pada *pulley crankshaft*

(<https://www.apriliaforum.com/forums/showthread.php?205034-Crank-Trigger>)

f. *Trigger Edge*

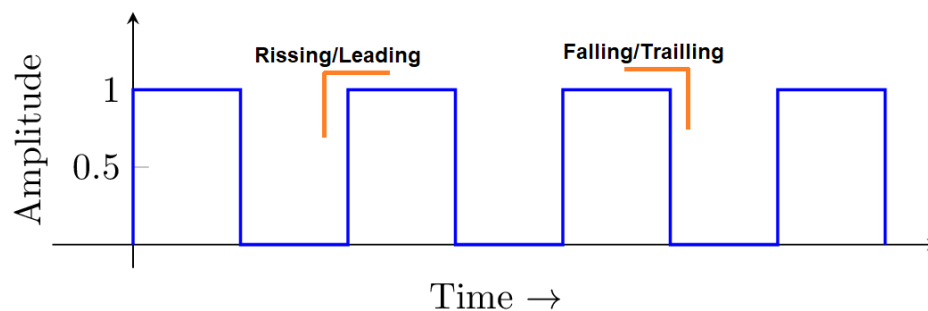
Trigger Edge adalah pembacaan sensor pada ujung gigi tonjolan. Berikut 2 tipe pembacaan ujung gigi tonjolan:

1) *Leading*

Leading atau biasa disebut *Rissing* adalah transisi dari posisi rendah (*low*) ke posisi tinggi (*high*).

2) *Trailing*

Trailing atau biasa disebut *Falling* adalah transisi dari posisi tinggi (*high*) ke posisi rendah (*low*).



Gambar 4. Gelombang sinyal kotak

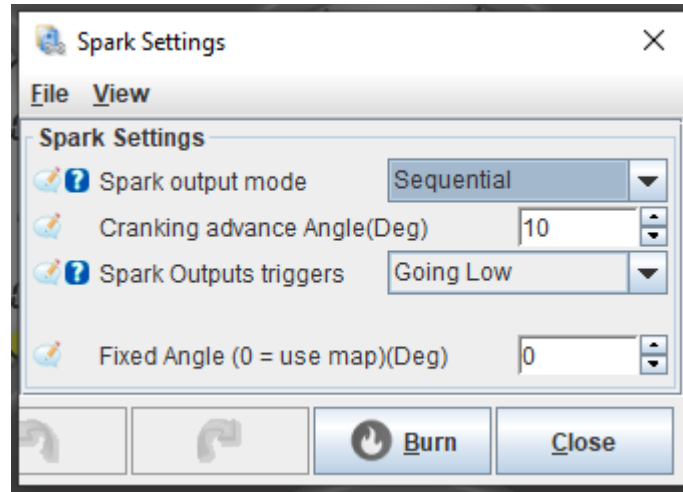
(<https://sites.google.com/site/psychoacousticssoundperception/waveform-and-superposition>)

g. *Trigger Filter*

Trigger Filter adalah metode untuk menyaring sinyal input sensor CKP dan CMP untuk mengurangi *noise*.

3. Spark Settings

Menu ini digunakan untuk mengkonfigurasi sinyal *Output* pengapian, dimana sinyal tersebut digunakan untuk memicu igniter coil. Pada umumnya *ignition coil* saat ini sudah dilengkapi dengan igniter didalamnya, sehingga kerja ECU hanya memicu *igniter coil* secara langsung.



Gambar 5. *Spark Settings* Konfigurasi

Gambar diatas menunjukkan menu untuk mengkonfigurasi pada sistem pengapian. Berikut penjelasan pada gambar diatas.

a. *Spark Output Mode*

Menu ini digunakan untuk mengatur mode keluaran pengapian yang digunakan pada mesin. Berikut tipe mode pengapian:

1) *Wasted Spark*

Wasted Spark adalah tipe pengapian dimana ada dua busi yang terhubung ke ujung satu kumparan coil (untuk mesin 2 silinder) (untuk mesin 4 silinder dua kumparan digunakan, masing-masing menggerakkan dua busi). Kedua busi itu akan menyala secara bersamaan. Satu busi akan ditembakkan pada langkah kompresi pertama silinder “A”, dan yang lainnya dalam langkah buang dari silinder “B”. Ketika saatnya tiba untuk silinder "B" menyala dalam kompresi, silinder "A" akan menyala pada stroke buang.

2) *Wasted Cop*

Wasted Cop adalah keluaran pulsa ignition pada semua saluran penyalaaan hingga jumlah silinder. Misalnya 4 silinder maka keluaran pulsa ignitionnya adalah 4 *channel*.

3) *Single Channel*

Single Channel adalah semua *Output* pulsa ignition ditangani pada 1 channel keluaran saja. Misalnya pada sistem pengapian yang menggunakan distributor, distributor mendistribusikan tegangan tinggi coil kesemua silinder sesuai dengan *firing order*.

4) *Mode Rotary*

Mode Rotary adalah pengontrolan sinyal *Output* ignition yang diperuntukan hanya pada mesin tipe rotari (*rotary engine*)

b. *Cranking Advance Angle*

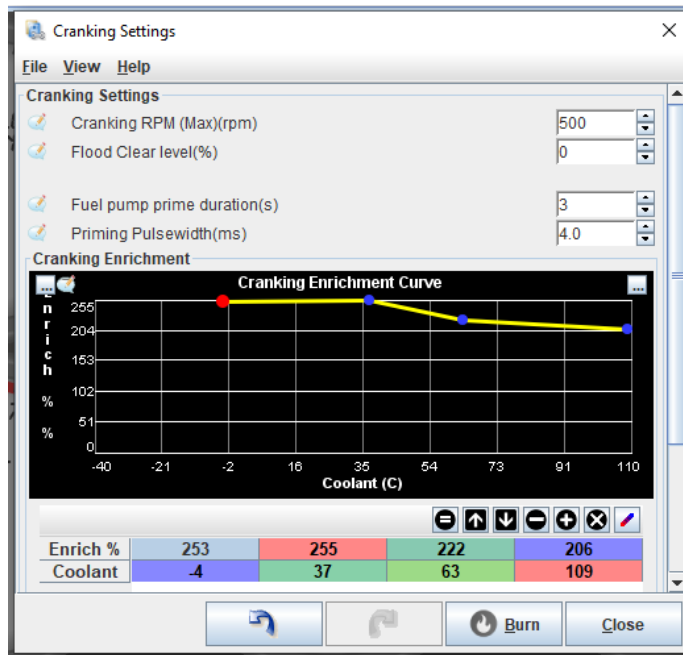
Cranking Advance Angle berfungsi untuk mengatur sudut kemajuan pengapian (*advance angle*) saat mesin distarter. Nilai sudut kemajuan pengapian (*advance angle*) pada kolom akan dikeluarkan hanya saat mesin distarter. Setelah mesin hidup, maka nilai tersebut tidak akan digunakan lagi.

c. *Spark Output Trigger*

Spark Output Trigger adalah untuk mengkonfigurasi sinyal *Output* pengapian apakah normali “*low*” atau normali “*high*”.

4. *Cranking Settings*

Menu ini berfungsi untuk mengkonfigurasi kebutuhan pada saat starter. Misalnya penambahan jumlah bahan bakar berdasarkan suhu mesin pada saat starter, atau memajukan sudut pengapian (*advance angle*) pada saat starter.



Gambar 6. Menu *Cranking Settings*

Berikut fungsi pada menu *cranking settings* :

a. *Cranking RPM*

Menu ini digunakan untuk parameter nilai RPM maksimal ketika mesin starter, jika nilai RPM yang terbaca oleh sensor CKP masih dalam range nilai maksimal maka fungsi *cranking* akan aktif, dan jika RPM melebihi nilai maksimal ini maka mode *cranking* secara otomatis akan mati.

b. *Fuel Pump Prime Duration*

Menu ini berfungsi untuk mengaktifkan Fuel Pump dengan waktu tertentu sesuai nilai yang diisi pada saat awal kunci kontak di “ON” kan. Ini berfungsi untuk memastikan tekanan bahan bakar tetap terjaga pada jalur selang injektor.

c. *Cranking Enrichment*

Menu ini digunakan untuk mengkoreksi jumlah bahan bakar berdasarkan suhu mesin ketika mesin distarter. Pada gambar diatas menunjukkan grafik vertical menunjukkan penambahan bahan bakar dan grafik horizontal menunjukkan suhu. Jika suhu mesin rendah

(dingin) maka jumlah bahan bakar tinggi, sebaliknya ketika suhu mesin tinggi maka jumlah bahan bakar yang dibutuhkan rendah.

5. O₂ Correction

Pada dasarnya O₂ sensor berfungsi membaca kandungan Oxygen pada gas buang (exhaust manifold). Ada 2 tipe Oxygen sensor:

a. *NarrowBand*

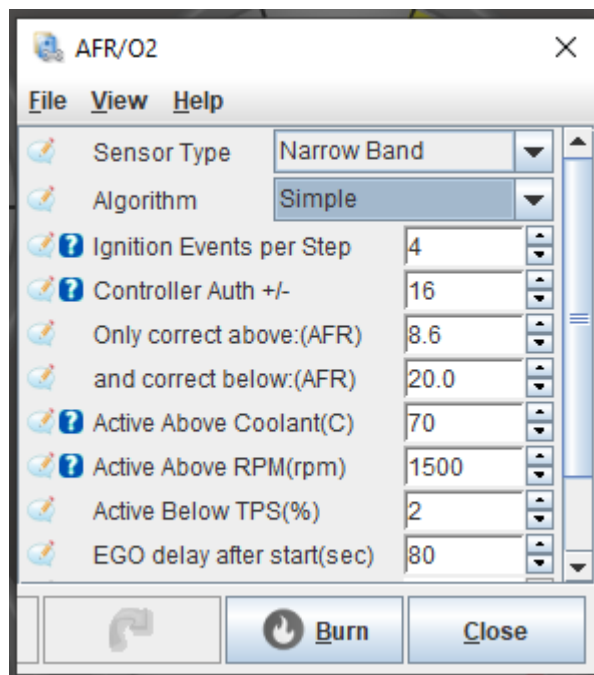
Sensor *narrowband* bekerja berdasarkan prinsip kaya atau kurus. *Output* tegangan sensor beroperasi dari 0,0V sampai dengan 1,0V, dan 0,5V pada campuran ideal. Ketika campuran udara dan bahan bakar berada di sisi kaya, *Output* tegangan diatas 0,5V atau sekitar 0,8 hingga 0,9 *volt*, dan ketika campuran udara dan bahan bakar kurus, tegangan dibawah 0,5V turun menjadi 0,3 *volt* atau kurang. Sensor *narrowband* beroperasi pada temperatur kisaran 600° F.

b. *WideBand*

Fungsi sensor *wideband* sama seperti sensor Oxygen lainnya, namun pembacaannya lebih teliti dan membaca range AFR yang lebih tinggi. *Output* tegangan sensor beroperasi dari 0,0V sampai dengan 5,0V, dan 2,5V pada campuran ideal atau AFR 14,7:1. Sensor *wideband* dikembangkan untuk mengukur rasio AFR secara lebih akurat pada rentang kondisi operasi yang lebih luas (karena itu namanya). Sensor *narrowband* hanya dapat mengukur sekitar 14,0-15,0: 1 rasio udara dan bahan bakar untuk melaporkan kondisi kaya atau lean, tetapi sensor *wideband* jauh lebih akurat.

Honda adalah yang pertama menggunakan sensor O₂ *wideband* dalam model Civic 1992-nya. Pabrikan menyebut sensor *wideband*-nya sebagai *lean air fuel* sensor (LAF sensor), yang digunakan untuk membaca AFR sebanyak 12: 1 hingga lean seperti 22: 1. Sensor *wideband* bekerja pada temperatur 1.200-1.400° F.

Pada umumnya Oxygen sensor bekerja untuk memantau sisa gas buang dari pembakaran, dimana sinyal *Output* sensor akan dikirim ke ECU untuk di koreksi. Jika kadar Oxygen dalam gas buang tinggi, maka ECU akan mengoreksi dan menambahkan jumlah bahan bakar menjadi lebih banyak dikarenakan campuran udara dan bahan bakar kurus. Sebaliknya, jika kadar Oxygen dalam gas buang rendah, maka ECU akan mengurangi jumlah bahan bakar menjadi lebih sedikit dikarenakan campuran udara dan bahan bakar kaya.



Gambar 7. Menu O2 Correction

Berikut penjelasan pada gambar diatas:

a. *Sensor Type*

Berfungsi untuk mengkonfigurasi jenis sensor yang digunakan.

b. *Algorithm*

Berfungsi untuk konfigurasi metode algorithm yang mau digunakan, untuk mengkoreksi O2.

c. *Ignition Events per Step*

Jumlah pulsa ignition yang terhitung antara koreksi EGO (*exhaust gas oxygen*) ke bahan bakar.

d. Controller Auth

Persentase maksimum koreksi EGO dapat menambah atau mengurangi bahan bakar.

e. Active Above Coolant

Nilai minimum suhu pendingin sebelum koreksi EGO aktif. Pengkoreksian akan aktif ketika suhu pendingin sudah melebihi batas nilai minimum pada kolom menu. Sebaliknya, pengkoreksian EGO akan mati jika suhu pendingin dibawah batas minimum pada tabel kolom menu.

f. Active Above RPM

Nilai RPM minimum sebelum koreksi O₂ aktif. Pengkoreksian akan aktif ketika RPM sudah melebihi batas nilai minimum pada kolom menu. Sebaliknya, pengkoreksian EGO akan mati jika RPM dibawah batas minimum pada tabel kolom menu.

g. Active Bellow TPS

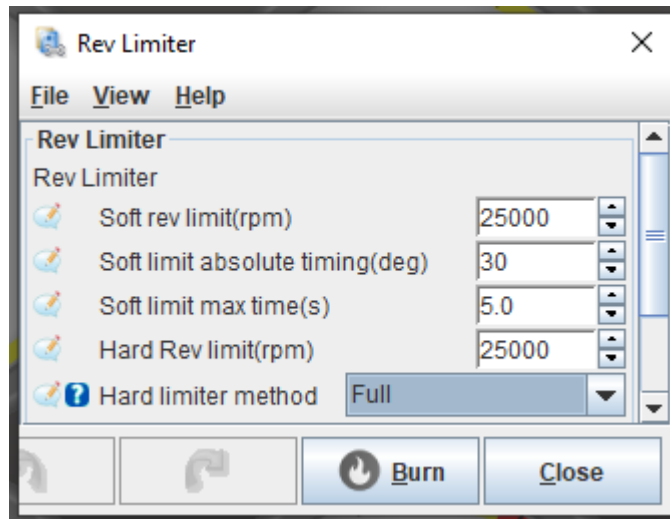
Nilai TPS maksimum sebelum koreksi O₂ mati. Pengkoreksian akan mati ketika nilai TPS melebihi batas nilai maksimum pada kolom menu. Sebaliknya, pengkoreksian EGO akan aktif jika TPS dibawah batas maksimum pada tabel kolom menu.

h. EGO Delay After Start

EGO Delay After Start adalah jeda waktu setelah mesin pertama kali dihidupkan (*warming up*) untuk pengoreksian. Pengoreksian akan aktif ketika waktu jeda sudah melewati nilai waktu maksimum pada tabel kolom menu. Prinsipnya, pengoreksian akan di tunda terlebih dahulu pada saat mesin pertama kali dihidupkan sampai batas waktu yang telah ditentukan pada kolom menu tersebut.

6. *Rev Limiter*

Menu ini digunakan untuk membatasi RPM mesin sesuai dengan nilai yang ditentukan. Pada umumnya pembatasan RPM mesin bisa dengan memotong pengapian (*ignition cut*) atau dengan memotong debit bahan bakar yang diinjeksikan (*fuel cut*). Membatasi RPM dilakukan untuk menjaga mesin agar tidak *floating* pada RPM tinggi.



Gambar 8. Menu *Rev Limiter*

Berikut penjelasan pada gambar diatas:

a. *Soft rev limiter*

Ini adalah nilai maksimum batasan RPM, jika kenaikan RPM secara halus (smooth).

b. *Soft Limit absolute timing*

Ini adalah nilai aktual timing pengapian ketika kenaikan RPM terjadi secara halus (smooth).

c. *Soft Limit Maximum Time*

Ini adalah batasan waktu sebelum terjadinya *soft limiter*. Jika waktu sudah melewati nilai batas maksimal, maka ECU akan melakukan pembatasan bahan bakar atau pengapian.

d. *Hard Rev Limit*

Ini adalah nilai RPM maksimum mesin, nilai RPM mesin tidak akan melewati batas yang telah ditentukan pada kolom menu tersebut

e. *Hard Limiter Method*

Ini adalah metode yang dilakukan untuk membatasi RPM mesin. Berikut metode yang dilakukan:

1) *Fuel Cut*

Metode pembatasan ini dilakukan dengan memotong suplay bahan bakar yang diinjeksikan, sehingga RPM tidak akan bisa naik seterusnya.

2) *Spark Cut*

Metode pembatasan ini dilakukan dengan memotong pengapian pada mesin, sehingga RPM mesin akan terbatas.

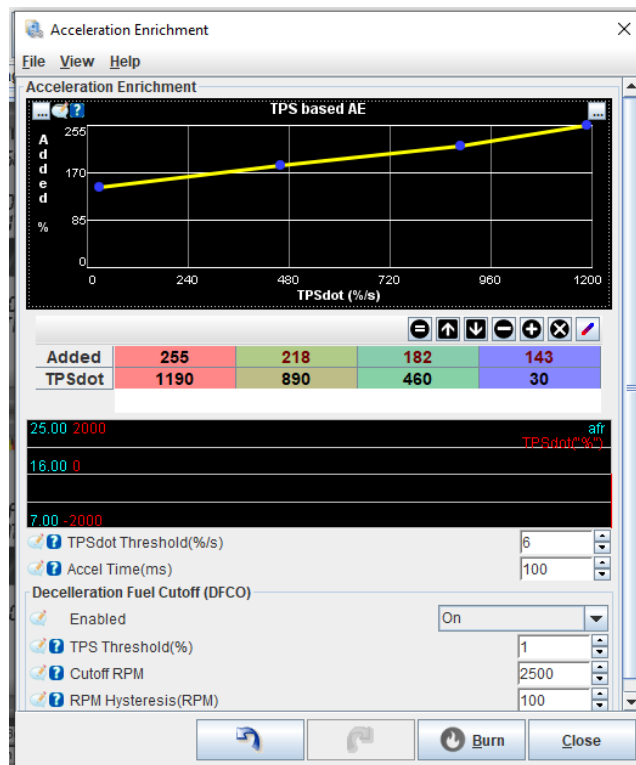
3) *Full Method*

Metode pembatasan ini dilakukan dengan membatasi pengapian (*spark cut*) dan juga membatasi bahan bakar (*fuel cut*).

7. *Acceleration Enrichment and Deceleration*

Menu ini berfungsi untuk mengkonfigurasi penambahan jumlah bahan bakar pada saat akselerasi. Penambahan bahan bakar dilakukan untuk mencegah terjadinya delay tenaga. Banyaknya jumlah bahan bakar yang di tambah dipengaruhi oleh nilai persentasi bukaan *throttlet* (satuan %) dan waktu pembukaan gas secara mendadak.

Menu ini juga berfungsi untuk mengkonfigurasi pemotongan bahan bakar pada saat deselerasi, ini dilakukan untuk mencegah terjadinya penginjeksian bahan bakar yang sia-sia dan mencegah penumpukan bahan bakar yang diinjeksikan diruang bakar yang akan menyebabkan ledakan pada *exhaust manifold*.



Gambar 9. Menu *Acceleration Enrichment and Deceleration*

Berikut penjelasan menu akselerasi pada gambar diatas:

a. *Acceleration Enrichment*

Menu ini berfungsi untuk penambahan jumlah bahan bakar pada saat akselerasi persatuan waktu. Grafik vertical menunjukkan penambahan bahan bakar, dan grafik horizontal menunjukkan satuan waktu saat TPS dibuka secara mendadak.

b. *TPSdot Threshold*

Nilai ambang TPSdot persatuan waktu untuk pengayaan akselerasi.

c. *Accel Time*

Durasi waktu pengayaan pada saat akselerasi.

Berikut penjelasan menu akselerasi pada gambar diatas:

a. *Enabled*

Befungsi untuk mengaktifkan atau menonaktifkan fitur *decceleration fuel cut*.

b. *TPS Threshold*

Nilai ambang bawah TPS akan mengaktifkan fungsi *decceleration fuel cut*. Jika nilai bukaan TPS masih dibawah batas nilai pada kolom menu dan nilai RPM di atas *cutoff* RPM, maka *decceleration fuel cut* akan aktif. Sebaliknya, jika bukaan TPS sudah melebihi dari nilai pada kolom menu tersebut, maka fungsi *decceleration fuel cut* tidak aktif.

c. *Cutoff RPM*

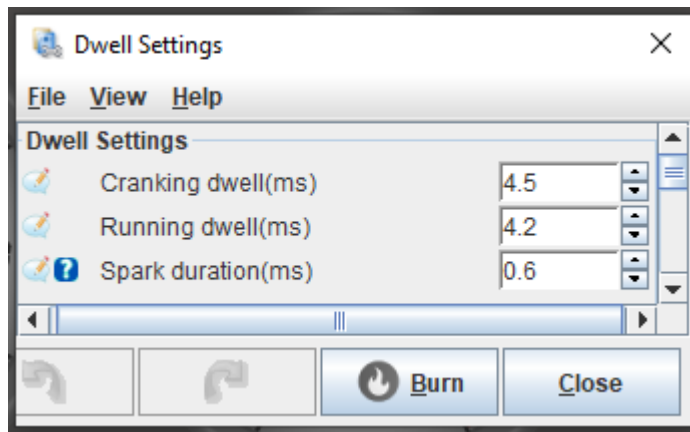
Nilai RPM minimal untuk mengaktifkan DCFO (*decceleration fuel cutoff*). Jika RPM mesin diatas nilai minimal pada kolom menu dan pada saat deselerasi, maka DCFO (*decceleration fuel cutoff*) akan aktif. Sebaliknya, Jika RPM mesin sudah dibawah nilai pada kolom tersebut, maka DCFO (*decceleration fuel cutoff*) akan mati.

d. *RPM Hysteresis*

Nilai fluktuasi RPM mesin (+ -) saat *decceleration fuel cutoff*.

8. *Dwell Settings*

Menu ini berfungsi untuk mengkonfigurasi *ignition dwell*. Dwell adalah periode waktu koil dihidupkan atau lamanya waktu arus mengalir melalui kumparan primer koil. Dalam sistem kontak point platina, saat dimana kontak point tertutup. Dalam sistem modern, waktu driver transistor dinyalakan. Tetapi pada menu ini *dwell* adalah waktu sinyal *Output* pemicu dalam kondisi high.



Gambar 10. Menu *Dwell Settings*

Berikut penjelasan pada gambar diatas.

a. *Cranking Dwell*

Nilai durasi dwell pada saat starter. Nilai dwell pada kolom menu ini akan diperuntukan pada saat starter saja.

b. *Running Dwell*

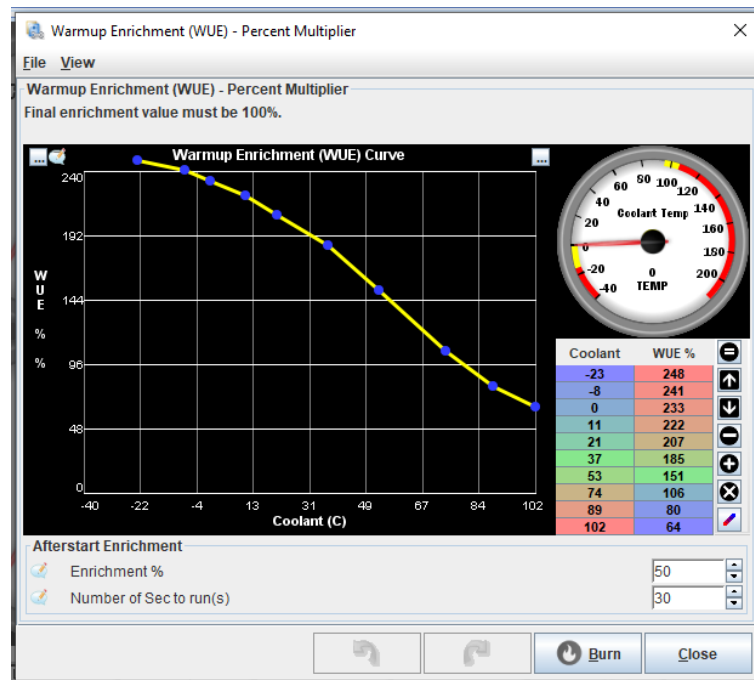
Nilai aktual *dwell ignition* pada saat mesin sudah hidup.

c. *Spark Duration*

Durasi percikan yang terjadi pada busi saat *dwell full*.

9. *Warming-up Enrichment*

Menu ini berfungsi untuk pengayaan pada saat mesin baru dihidupkan. Serta mengoreksi debit bahan bakar yang diinjeksikan berdasarkan temperatur mesin. Pada dasarnya jika temperature mesin rendah maka debit bahan bakar harus lebih banyak, dikarenakan masa kerapatan udara lebih padat, dan jika temperatur mesin sudah tinggi maka debit bahan bakar juga lebih sedikit.

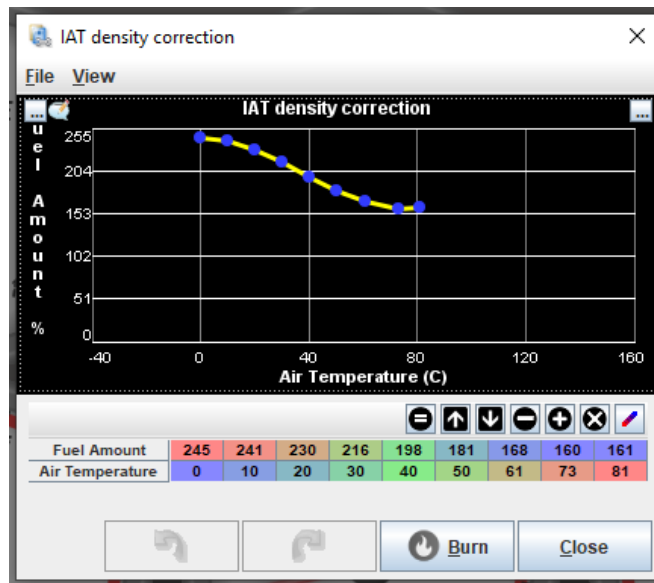


Gambar 11. Menu *Warming-up Enrichment*

Pada gambar diatas menjelaskan grafik koreksi bahan bakar berdasarkan temperatur mesin. Pada grafik vertikal menjelaskan penabahan jumlah bahan bakar, dan pada grafik horizontal menjelaskan temperatur mesin. Seiring meningkatnya temperatur mesin, maka jumlah bahan bakar yang diinjeksikan akan semakin sedikit.

10. *Intake Air Temp Correction*

Menu ini berfungsi untuk mengkonfigurasi temperatur udara masuk dengan jumlah bahan bakar atau mengkoreksi jumlah bahan bakar terhadap temperatur udara masuk. Jika temperatur udara masuk rendah, maka jumlah bahan bakar yang diinjeksikan akan diperkaya. Sebaliknya, jika temperatur udara masuk pada *intake manifold* tinggi, maka jumlah bahan bakar yang diinjeksikan akan dikurangi.



Gambar 12. Menu *Warming-up Enrichment*

Pada gambar diatas menjelaskan grafik koreksi bahan bakar berdasarkan temperatur udara masuk pada *intake manifold*. Pada grafik vertikal menjelaskan penabahan jumlah bahan bakar, dan pada grafik horizontal menjelaskan temperatur mesin. Seiring meningkatnya temperatur mesin, maka jumlah bahan bakar yang diinjeksikan akan semakin sedikit

11. *Volumetric Efficiency Table*

Volumetric Efficiency atau efisiensi volumetrik (VE) adalah sebuah variabel perbandingan antara volume udara yang masuk silinder dan volume silinder yang seharusnya. *Volumetric Efisiensi* sendiri adalah suatu variabel yang sangat besar pengaruhnya terhadap performa engine motor. Semakin besar VE, semakin besar pula power maupun torsinya. Kenaikan VE memberikan kontribusi yang sangat signifikan dalam peningkatan (*upgrade*) power dari mesin. Semakin besar efisiensi pemompaan udara, semakin tinggi jumlah VE relatif ini. Efisiensi aliran udara yang lebih besar membutuhkan aliran bahan bakar yang lebih besar untuk mempertahankan AFR target yang sama. Peningkatan atau penurunan VE dapat disebabkan oleh faktor-faktor

yang melekat dalam desain mesin, atau faktor efisiensi variabel seperti posisi throttle, timing camshaft, harmonic tuning, AFR, timing pengapian, dll. Berikut gambar tabel *Volumetric Efficiency* pada aplikasi Tuner Studio MS.

Throttle	1200	1500	1800	2300	2800	3300	3800	4300	4800	5300	5800	6400	7300	8000	9000	10000
100	31	32	33	40	52	57	61	69	72	74	76	77	78	78	79	80
90	30	32	34	42	51	58	63	67	71	73	74	75	76	77	78	79
80	31	32	35	43	52	59	63	67	70	71	73	74	75	76	77	77
70	31	33	36	43	53	60	64	67	70	71	72	73	74	74	74	74
60	31	34	37	43	52	60	64	67	69	70	71	72	71	69	67	67
50	31	34	37	42	51	59	64	67	68	69	69	68	66	62	60	59
40	31	34	37	41	49	57	62	65	67	66	64	63	61	57	56	56
36	31	35	38	41	48	54	58	61	61	60	57	55	54	52	51	52
30	32	35	37	40	45	50	53	54	53	50	48	47	46	45	43	42
26	32	34	37	39	42	47	50	49	45	41	41	40	39	38	37	37
20	30	32	33	35	35	40	41	39	29	28	33	33	33	32	32	33
16	28	27	28	29	28	28	28	24	18	17	18	20	21	21	22	22
10	24	24	23	22	19	18	15	14	10	10	11	12	15	16	17	17
4	22	19	18	15	11	8	6	7	5	6	7	8	11	13	13	14
2	14	15	11	9	5	3	3	4	6	8	9	10	11	13	13	14
0	4	1	1	2	3	3	3	3	5	8	9	8	8	9	10	10

Gambar 13. Tabel *Volumetric Efficiency*

Gambar diatas menjelaskan tentang tabel *Volumetric Efficiency* algoritma *alpha-N* (by TPS) 16x16, dimana pada tabel “Y” vertikal menunjukkan nilai bukaan TPS, dan pada tabel “X” menunjukkan nilai kenaikan RPM mesin.

Throttle	1200	1500	1800	2300	2800	3300	3800	4300	4800	5300	5800	6400	7300	8000	9000	10000
100	31	32	33	40	52	57	61	69	72	74	76	77	78	78	79	80
90	30	32	34	42	51	58	63	67	71	73	74	75	76	77	78	79
80	31	32	35	43	52	59	63	67	70	71	73	74	75	76	77	77
70	31	33	36	43	53	60	64	67	70	71	72	73	74	74	74	74
60	31	34	37	43	52	60	64	67	69	70	71	72	71	69	67	67
50	31	34	37	42	51	59	64	67	68	69	69	68	66	62	60	59
40	31	34	37	41	49	57	62	65	67	66	64	63	61	57	56	56
36	31	35	38	41	48	54	58	61	61	60	57	55	54	52	51	52
30	32	35	37	40	45	50	53	54	53	50	48	47	46	45	43	42
26	32	34	37	39	42	47	50	49	45	41	41	40	39	38	37	37
20	30	32	33	35	35	40	41	39	29	28	33	33	33	32	32	33
16	28	27	28	29	28	28	28	24	18	17	18	20	21	21	22	22
10	24	24	23	22	19	18	15	14	10	10	11	12	15	16	17	17
4	22	19	18	15	11	8	6	7	5	6	7	8	11	13	13	14
2	14	15	11	9	5	3	3	4	6	8	9	10	11	13	13	14
0	4	1	1	2	3	3	3	3	5	8	9	8	8	9	10	10

Gambar 14. Fungsi setiap area pada tabel

Tabel area pada nomer 1 menunjukkan *Volumetric Efficiency* pada posisi mesin *idle*. Posisi ini memungkinkan TPS pada posisi 0% dan RPM tidak lebih dari 2500 RPM, dimana kevakuman dibawah *intake manifold* tinggi.

Tabel area pada nomer 2 menunjukkan *Volumetric Efficiency* pada posisi mesin akselerasi. Posisi ini memungkinkan *throttle* membuka penuh secara mendadak dan menambah jumlah bahan bakar yang diinjeksikan dengan penambahan dari persentase fitur *acceleration enrichment*.

Tabel area pada nomer 3 menunjukkan *Volumetric Efficiency* pada saat pengemudi mengendarai secara biasa (*general driving*), memungkinkan pembukaan *throttle* dikisaran 4% sampai 35%. Pada posisi inilah efisiensi bahan bakar sangat besar.

Tabel area nomer 4 menunjukkan *Volumetric Efficiency* pada saat posisi mesin deselerasi, dimana RPM mesin masih tinggi dan posisi *throttle* menutup. Pada umumnya saat deselerasi ini terjadi pembatasan bahan bakar (*fuel cut*) dikarenakan tidak dibutuhkannya bahan bakar untuk diinjeksikan, dan terjadi kevakuman yang sangat tinggi. Jika bahan bakar diinjeksikan penuh pada saat deselerasi maka akan terjadi letupan api pada *exhaust manifold*.

Tabel area nomer 5 menunjukkan *Volumetric Efficiency* pada saat WOT (*wide open throttle*) mengacu pada asupan maksimum udara dan bahan bakar yang terjadi ketika pelat katub *throttle* terbuka penuh. Pada saat *throttle* terbuka lebar, vakum manifold berkurang. Tekanan manifold menjadi lebih tinggi pada gilirannya memungkinkan lebih banyak udara untuk memasuki silinder pembakaran, dan titik di mana jumlah maksimum bahan bakar diinjeksikan dengan demikian bahan bakar tambahan diperlukan untuk menyeimbangkan reaksi pembakaran.

12. Ignition Advance Table

Ignition Advance adalah proses pengaturan waktu di mana percikan bunga api pada busi harus menyala di ruang bakar selama kompresi sehubungan dengan posisi piston dan kecepatan sudut crankshaft. Busi harus menyala sebelum TDC dan nyala api akan berhenti setelah TDC.

Pengaturan waktu pengapian yang tepat sangat penting karena menentukan waktu yang tersedia untuk pembakaran campuran udara dan bahan bakar. Oleh karena itu, waktu pengapian mempengaruhi banyak variabel termasuk penghematan bahan bakar dan *Output* daya engine. Berikut gambar tabel *ignition advance* pada aplikasi Tuner Studio MS.

Throttle (%)	1200	1500	1800	2200	2500	2800	3200	3800	4200	4800	5200	6000	7000	8000	9000	10000
100	8	7	7	10	14	21	27	35	40	41	41	41	41	39	38	38
90	8	7	7	10	15	21	27	34	39	41	41	41	40	39	38	38
80	9	7	8	11	15	21	28	35	40	41	41	41	40	39	38	38
70	9	8	8	11	16	22	28	35	40	41	41	41	41	40	39	38
60	10	8	9	12	17	22	29	35	40	42	42	42	41	41	40	40
50	10	9	10	14	18	24	30	36	40	42	42	42	42	41	41	40
40	11	11	13	16	21	27	32	36	40	42	42	42	42	41	41	40
36	11	12	14	17	23	29	34	38	40	42	42	42	42	41	41	40
30	11	12	14	18	24	29	34	38	40	42	42	42	42	41	41	40
26	11	13	15	19	24	30	34	38	41	42	42	42	42	41	41	40
20	12	14	17	21	26	32	36	39	41	42	42	42	42	41	41	40
16	13	15	19	23	29	34	38	41	42	42	42	42	42	41	41	40
10	14	16	20	25	30	36	40	42	42	42	42	42	42	41	41	40
6	14	16	20	25	30	35	39	41	42	42	42	42	42	41	40	40
2	12	15	19	24	29	34	37	40	42	42	42	42	42	41	40	40
0	9	12	18	24	28	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

Gambar 15. Ignition Advance Table

Satuan pada tabel *ignition advance* adalah derajat top sebelum titik mati atas atau BTDC (*before top dead center*), semakin besar nilai maka semakin menjauhi titik mati atas atau TOP. Seiring meningkatnya RPM mesin maka waktu penyalaan busi semakin maju sehingga campuran udara-bahan bakar memiliki jumlah waktu yang tepat untuk terbakar sepenuhnya, akan tetapi jika mesin mendapat beban yang

sangat berat maka waktu penyalan busi akan mundur untuk mencegah terjadinya *knocking*.

Kemajuan pengaturan waktu yang tepat untuk kecepatan engine tertentu akan memungkinkan untuk mencapai tekanan silinder maksimum pada posisi sudut crankshaft yang benar. Untuk bahan bakar oktan yang lebih tinggi, diperlukan waktu yang lebih maju karena kecepatan nyala yang lebih lambat. Untuk induksi paksa seperti penggunaan turbo, dibutuhkan waktu yang lebih sedikit atau lebih mundur karena kecepatan nyala yang lebih cepat.

C. Mikrokontroler ATmega2560

Mikrokontroler AVR dikelompokkan menjadi empat kelas yaitu keluarga ATtiny, AT90Sxx, ATmega, AT86RFxx. Perbedaan pada masing-masing keluarga AVR adalah kapasitas memori, *peripheral*, dan fungsi. Mikrokontroler ATmega 2560 merupakan salah satu varian dari mikrokontroler AVR 8-bit yang diproduksi oleh Atmel.

1. Arsitektur Mikrokontroler ATmega2560

Mikrokontroler ATmega2560 merupakan mikrokontroler keluarga AVR yang mempunyai kapasitas flash memori 256KB. AVR (Alf and Vegard's Risc Processor) merupakan seri mikrokontroler CMOS 8-bit buatan Atmel, berbasis arsitektur RISC (Reduced Instruction Set Computer). Dengan mengeksekusi instruksi kuat dalam satu siklus clock tunggal, Atmega2560 mencapai throughput mendekati 16 MIPS per MHz yang memungkinkan perancang sistem untuk mengoptimalkan konsumsi daya melawan kecepatan proses.

2. Fitur Mikrikontroller ATmega2560

Menurut *datasheet* ATmega2560 yang diambil dari sebuah situs resmi Atmel (<http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/107092/ATMEL/ATMEGA2560.html>), fitur-fitur pada mikrokontroler ATmega2560 antara lain sebagai berikut:

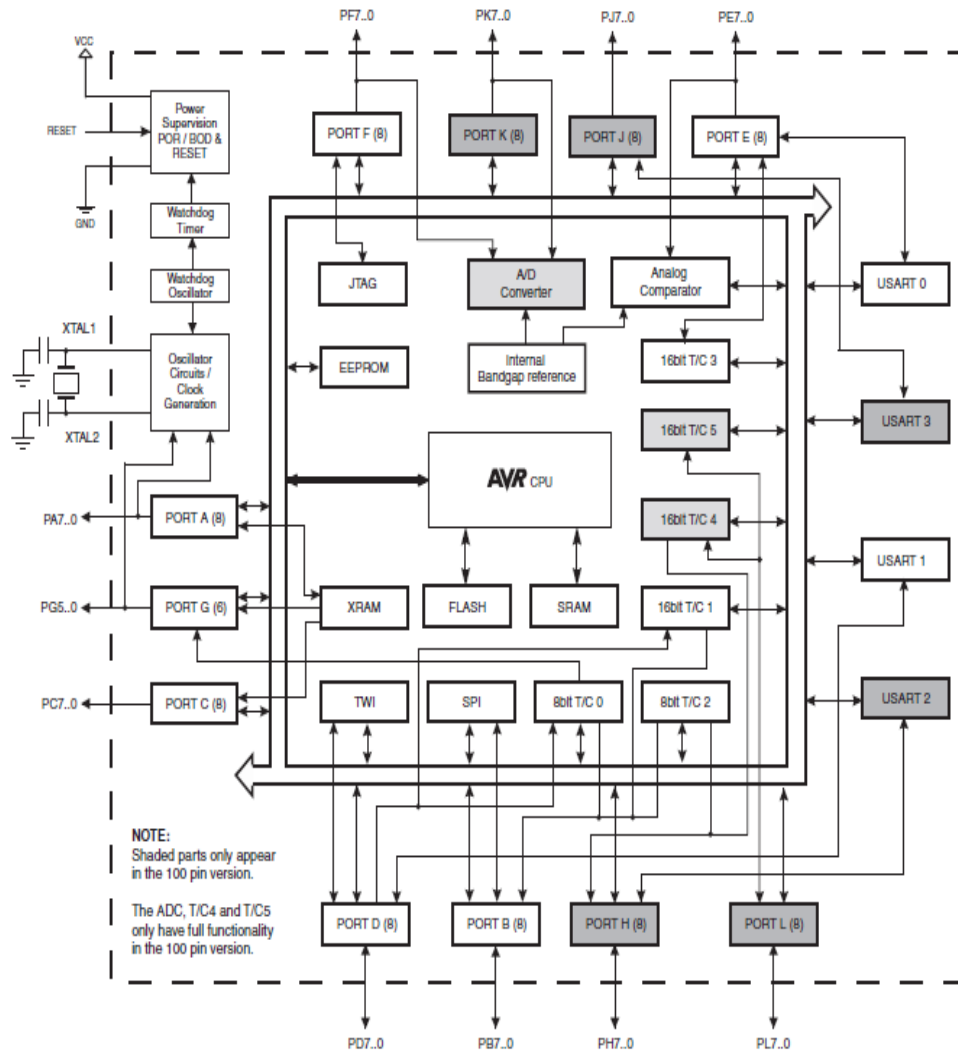
- a. Mikrokontroler AVR 8-bit mempunyai kemampuan tinggi dengan daya rendah.

- b. Arsitektur canggih RISC
 - 1) 135 intruksi yang kuat. Kebanyakan *Single Clock* siklus eksekusi
 - 2) 32 x 8 tujuan umum kerja register + *Peripheral* kontrol register
 - 3) Operasi sepenuhnya statis
 - 4) Sampai dengan 16 MIPS *throughput* pada 16 MHz
 - 5) *On-chip* 2- siklus *multiplier*
- c. Segmen Memory Tinggi Ketahanan *Non-volatile*
 - 1) 256K Bytes of *In-System Reprogrammable Flash Memory*
 - 2) 4Kbytes *EEPROM*
 - 3) 8Kbytes *Internal SRAM*
 - 4) Menulis/Menghapus siklus: 10.000 *Flash*/100.000 *EEPROM*
 - 5) Retensi data: 20 tahun pada 85
 - 6) Kode pilihan *Boot* Bagian dengan *Independent Lock Bits*
 - a) *In-System Programming* secara *On-chip Program Boot*
 - b) *True Read-While-Write Operation*
 - 7) Sampai dengan Ruang 64K Bytes pilihan Memori *Eksternal*
 - 8) Pemrograman *Lock* untuk Software Keamanan
 - 9) *SPI Interface* untuk *In-System Programming*
- d. *JTAG (IEEE std. 1149.1 Compliant) Interface*
 - 1) Kemampuan batas scan Menurut *JTAG* Standar
 - 2) Luas *On-chip Debug Support*
 - 3) Pemrograman *Flash, EEPROM, Sekering* dan *Lock Bits* melalui *JTAG Interface*
- e. Fitur *Peripheral*
 - 1) *Two 8-bit Timer/Counters* dengan *Prescalers* terpisah dan *Bandingkan Modes*
 - 2) *Four 16-bit Timer/Counters* dengan *Separate Prescaler, Compare Mode* dan *Capture Mode*
 - 3) *Real Time Counter* dengan *Separate Oscillator*
 - 4) *Two 8-bit PWM* saluran
 - 5) 12 Saluran *PWM* dengan *Programmable Resolusi 2-16 Bits*

- 6) *Output Bandingkan Modulator*
 - 7) *Byte berorientasi Two-wire Serial Interface*
 - 8) *Four Programmable Serial USARTs*
 - 9) *Master/Slave SPI Serial Interface*
 - 10) *Programmable Watchdog Timer dengan On-chip Oscillator*
 - 11) *On-chip Analog Comparator*
 - 12) 16 saluran, 10-bit ADC
 - a) *16 Single-ended Channels*
 - b) *8 Differential Channel*
 - c) *4 Differential Channels with Programmable Gain at 1x, 10x, or 200x*
- f. *Fitur Mikrokontroler Khusus*
- 1) *Power-on reset dan Programmable Brown*
 - 2) *out Detection- internal dikalibrasi RC Oscillator*
 - 3) *Eksternal dan Internal Interrupt Sumber*
 - 4) *Enam Mode Sleep: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, siaga, and Extended Standby*
 - 5) *Software dipilih jam frekuensi*
 - 6) *ATmega103 Compatibility Mode dipilih oleh Fuse*
 - 7) *Global Pull-up Disable*
- g. *I/O dan paket*
- 1) *86 Programmable I/O Lines*
 - 2) *64-lead TQFP dan 64-pad MLF*
 - 3) *100-lead TQFP*
- h. *Operating Voltages*
- 1) *2.7- 5.5V for ATmega2560*
 - 2) *4.5 - 5.5V for ATmega2560*
- i. *Speed Grades*
- 1) *0 - 8 MHz for ATmega2560*
 - 2) *0 - 16 MHz for Atmega2560*
- j. *Temperature Range -40°C to 85°C*

3. Blok Diagram Mikrokontroler ATmega2560

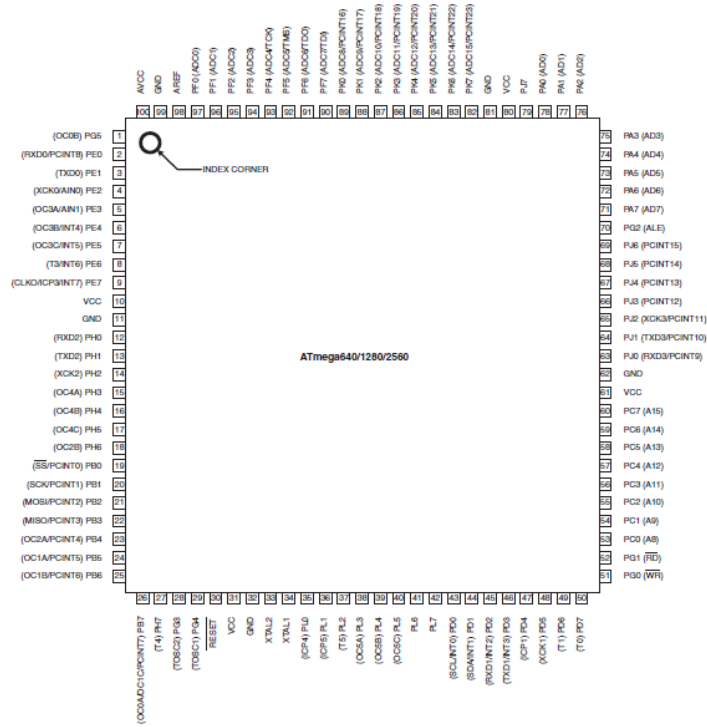
Gambar 16 merupakan blok diagram Mikrokontroler ATmega2560.



Gambar 16. Blok Diagram ATmega2560

(<http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/107092/ATMEL/ATMEGA2560.html>)

4. Konfigurasi *Pin* AVR ATmega2560



Gambar 17. Konfigurasi *Pin* AVR ATmega2560

(<http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/107092/ATMEL/ATMEGA2560.html>)

Gambar 17 menunjukkan konfigurasi pin ATmega2560, berikut

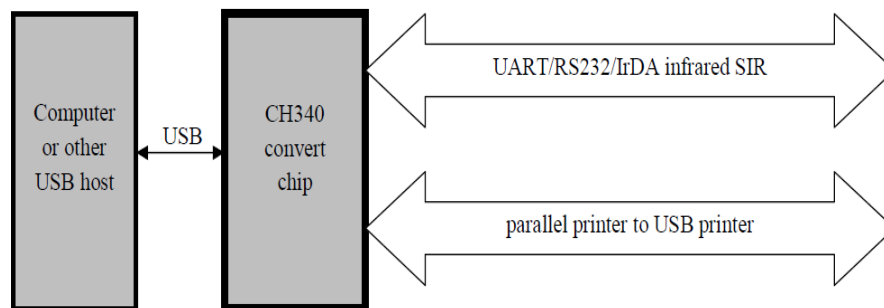
penjelasannya:

- a. VCC : Suplai tegangan
- b. GND : *Ground*
- c. Port A (PA7.PA0) : Port A merupakan *bi-directional* 8-bit port I/O
- d. Port B (PB7.PB0) : Port B merupakan *bi-directional* 8-bit port I/O dan pin fungsi khusus yaitu *Output Compare* dan *PWM Output, Timer/Counter* dan *SPI*
- e. Port C (PC7. PC0) : Port C merupakan *bi-directional* 8-bit port

- I/O
- f. Port D (PD7.PD0) : Port D merupakan *bi-directional* 8-bit port I/O dan pin fungsi khusus yaitu *Timer/Counter, External Interrupt, UART, TWI*
 - g. Port E (PE7.PE0) : Port E merupakan *bi-directional* 8-bit port I/O dan pin fungsi khusus yaitu *External Interrupt, Input Capture Pin, Timer/Counter, Output Compare dan PWM Output, Analog Comparator Negative, Programming Data Out, Programming Data Input, UART*
 - h. Port F (PF7.PF0) : Port F berfungsi sebagai input analog ke *A/D Converter*. Port F juga berfungsi sebagai *bi-directional* 8-bit port I/O, jika *A/D Converter* tidak digunakan. Port F juga melayani fungsi antarmuka JTAG
 - i. Port G(PG7.PG0) : Port G merupakan *bi-directional* 8-bit port I/O
 - j. RESET : Pin yang berfungsi untuk me-*reset* mikrokontroler
 - k. XTAL1 : Masukan untuk *Inverting Osilator* dan masukan untuk rangkaian operasi internal clock
 - l. XTAL2 : Keluaran dari *Inverting Osilator amplifier*
 - m. AVCC : Merupakan pin tegangan suplay untuk port F dan *A/D Converter*
 - n. AREF : Pin referensi analog bagi *A/D Converter*
 - o. PEN : Pin pemrograman untuk mengaktifkan mode pemrograman serial SPI

D. USB to serial chip CH340

Modul USB To TTL CH340 ini berfungsi sebagai konverter komunikasi serial mikrokontroler dengan USB komputer. Komponen ini sangat penting pada *ecu programmable*, dikarenakan komponen ini yang berperan untuk mengirim dan menerima data dari perangkat komputer menuju mikrokontroler pada *ecu programmable*. Jika komponen ini rusak, maka *ecu* tidak dapat mengirim dan menerima data dari perangkat komputer.



Gambar 18. *Flowchart* Modul USB To TTL CH340

(<https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Dev/Arduino/Other/CH340DS1.PDF>)

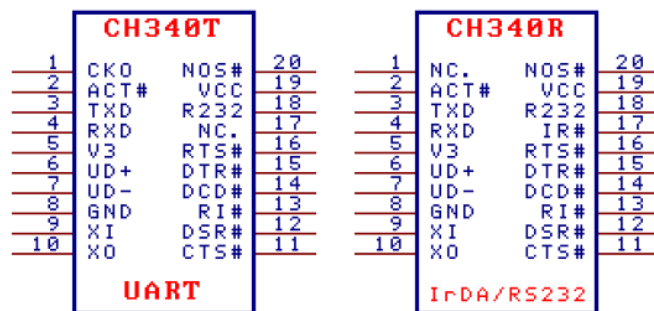
1. Fitur Modul USB To TTL CH340

Menurut *datasheet* Modul USB To TTL CH340 yang diambil dari sebuah situs resmi (<https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Dev/Arduino/Other/CH340DS1.PDF>), fitur-fitur pada Modul USB To TTL CH340 antara lain sebagai berikut:

- a. Antarmuka perangkat USB kecepatan penuh, sesuai dengan Spesifikasi USB Versi 2.0, hanya membutuhkan kristal dan kapasitansi eksternal.
- b. Meniru antarmuka serial standar, digunakan untuk meng-upgrade perangkat periferan sebelumnya, atau menambahkan antarmuka serial berlebih melalui USB.
- c. Sangat kompatibel dengan program aplikasi serial di komputer sistem operasi windows endpoint.

- d. Perangkat keras antarmuka serial dupleks penuh, mengatur buffer transceiver, mendukung komunikasi baud rate bervariasi dari 50bps ke 2Mbps.
- e. Mendukung Common MODEM sinyal penghubung RTS, DTR, DCD, RI, DSR dan CTS.
- f. Melalui penambahan peralatan konverter level untuk menyediakan RS232, RS485, RS422 dan antarmuka lainnya.
- g. Mendukung kriteria IrDA SIR komunikasi inframerah, pengoperasian baud rate bervariasi dari 2400bps ke 115200bps.
- h. USB mengkonversi ke antarmuka serial, hanya kompatibel dengan lapisan aplikasi tidak sepenuhnya.
- i. Perangkat lunak yang kompatibel dengan CH341, menggunakan drive CH341 secara langsung.
- j. Dukungan tegangan sumber 5V dan 3.3V.
- k. Menyediakan paket SSOP-20 tanpa timbal, kompatibel dengan RoHS.

2. Konfigurasi *Pin* Modul USB To TTL CH340



Gambar 19. Konfigurasi *Pin* Modul USB To TTL CH340

(<https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Dev/Arduino/Other/CH340DS1.PDF>)

Gambar 19 menunjukkan Konfigurasi *Pin* Modul USB To TTL CH340, berikut penjelasannya:

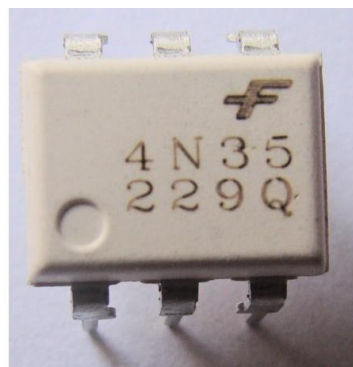
- a. VCC : Suplai tegangan
- b. GND : *Ground*

- c. V3 : Connects of VCC to input outside power while 3.3V, connects of 0.01uF decoupling capacitance outside while 5V
- d. XI : Masukan untuk *Inverting Osilator* dan masukan untuk rangkaian operasi internal clock
- e. XO : Keluaran dari *Inverting Osilator amplifier*
- f. UD+ : Directly connect to D+ data wire of USB bus, set up pull-up resistor internal
- g. UD- : Directly connect to D- data wire of USB bus
- h. NOS# : Forbid USB device suspending, active with low, set up pull-up resistor internal
- i. TXD : Jalur untuk mengirim data
- j. RXD : Jalur untuk menerima data
- k. CTS# : Clear To Send
- l. DSR# : Data Set Ready
- m. RI# : Ring Indikator (indicator dering)
- n. DCD# : Data Carrier Detect
- o. DTR# : Dat Terminal Ready (Terminal data siap)
- p. RTS# : Reguest to Send (permintaan pengiriman)
- q. ACT# : CH340T:negative phasic clock *Output* (CH340R:USB configuration is finished state *Output*, active with low)

- r. R232 : Assistant RS232 enable, active with high, set up pull-down resistor internal
- s. IR# : CH340R:Serial interface mode set input, set up pull-up resistor internal, low level is SIR infrared serial interface, high level is common serial interface
- t. CKO. : CH340T: clock *Output*

E. Optocoupler 4N35

Menurut AY Nugraha (2011), *optocoupler* adalah suatu piranti yang terdiri dari dua bagian pokok yaitu bagian pemancar dan penerima. Bagian pemancar dan penerima terletak diantara bagian cahaya dengan bagian deteksi sumber cahaya terpisah. Umumnya *optocoupler* digunakan sebagai saklar elektrik yang bekerja secara otomatis. Bentuk fisik optocoupler terlihat pada Gambar 20.



Gambar 20. *Optocoupler* 4N35

(<https://hacktronics.co.in/opto-isolatoroptocoupler/4n35-phototransistor-optocoupler>)

Pada dasarnya Optocoupler adalah suatu komponen penghubung (*coupling*) yang bekerja berdasarkan picu cahaya optik. *Optocoupler* terdiri dari dua bagian yaitu:

1. Pada bagian pemancar dibangun dari sebuah LED infra merah. Jika dibandingkan dengan menggunakan LED biasa, LED infra merah memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap sinyal tampak. Cahaya yang dipancarkan oleh LED infra merah tidak terlihat oleh mata telanjang.
2. Pada bagian penerima dibangun dengan dasar komponen photodiode. Photodiode merupakan suatu transistor yang peka terhadap tenaga cahaya. Suatu sumber cahaya menghasilkan energi panas, begitu pula dengan spektrum infra merah. Karena spektrum inframerah mempunyai efek panas yang lebih besar dari cahaya tampak, maka fotodiode lebih peka untuk menangkap radiasi dari sinar infra merah. Oleh karena itu, *Optocoupler* dapat dikatakan sebagai gabungan dari LED infra merah dengan fototransistor yang dikemas menjadi satu chip. Cahaya infra merah termasuk dalam gelombang elektromagnetik yang tidak tampak oleh mata telanjang. Sinar ini tidak tampak oleh mata karena mempunyai panjang gelombang berkas cahaya yang terlalu panjang bagi mata manusia. Sinar infra merah mempunyai daerah frekuensi 1×10^{12} Hz sampai dengan 1×10^{14} GHz atau daerah frekuensi dengan panjang gelombang $1 \mu\text{m}$ – 1 mm . LED infra merah ini merupakan komponen elektronika yang memancarkan cahaya infra merah dengan konsumsi daya sangat kecil. Jika diberi panjar maju, LED infra merah yang terdapat pada *optocoupler* akan mengeluarkan panjang gelombang sekitar $0,9 \mu\text{m}$.

Proses terjadinya pancaran cahaya pada LED infra merah dalam optocoupler adalah sebagai berikut. Saat diode menghantarkan arus, elektron lepas dari ikatannya karena memerlukan tenaga dari catu daya listrik. Setelah elektron lepas, banyak elektron yang bergabung dengan lubang yang ada di sekitarnya (memasuki lubang lain yang kosong). Pada saat masuk lubang lain, elektron melepaskan tenaga yang akan diradiasikan dalam bentuk cahaya. Sehingga diode akan menyala atau memancarkan cahaya pada saat dilewati arus. Cahaya infra merah pada optocoupler tidak

memerlukan lensa untuk memfokuskan cahaya, karena dalam satu chip mempunyai jarak yang dekat dengan penerimanya. Pada *optocoupler* yang bertugas sebagai penerima cahaya infra merah adalah fototransistor. Fototransistor merupakan komponen elektronika yang berfungsi sebagai detektor cahaya infra merah. Detektor cahaya ini mengubah efek cahaya menjadi sinyal listrik. Oleh sebab itu, fototransistor termasuk dalam golongan detektor optik.

Fototransistor memiliki sambungan kolektor – basis sebesar cahaya infra merah, karena cahaya ini dapat membangkitkan pasangan lubang elektron. Dengan diberi panjar maju, cahaya yang masuk akan menimbulkan arus pada kolektor.

Fototransistor memiliki bahan utama yaitu germanium atau silikon yang sama dengan bahan pembuat transistor. Tipe fototransistor juga sama dengan transistor pada umumnya, yaitu PNP dan NPN. Perbedaan transistor dengan fototransistor hanya terletak pada dindingnya yang memungkinkan cahaya infra merah mengaktifkan daerah basis, sedangkan transistor biasa ditempatkan pada dinding logam yang tertutup.

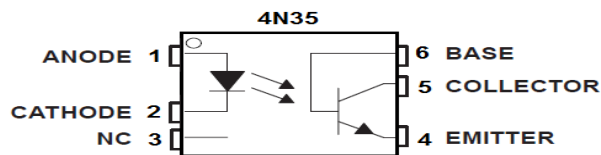
Bila digunakan untuk mengisolasi level tegangan atau data pada sisi pemancar dan sisi penerima, maka *optocoupler* ini biasanya dibuat dalam bentuk solid (tidak ada ruang antara LED dan photodiode). Sehingga sinyal listrik yang ada pada masukan dan keluaran akan terisolasi. Dengan kata lain, *optocoupler* ini digunakan sebagai optoisolator jenis IC.

Prinsip kerja dari *optocoupler* adalah:

- a. Jika antara photodiode dan LED terhalang maka photodiode tersebut akan mati sehingga keluaran dari kolektor akan berlogika High.
- b. Sebaliknya jika antara photodiode dan LED tidak terhalang, maka photodiode tersebut hidup sehingga keluarannya akan berlogika rendah.

Sebagai piranti elektronika yang berfungsi sebagai pemisah antara rangkaian daya dengan rangkaian kontrol. Komponen ini merupakan salah satu jenis komponen yang memanfaatkan sinar sebagai pemicu hidup/matinya. Opto berarti optik dan *coupler* berarti pemicu. Sehingga bisa

diartikan bahwa *optocoupler* merupakan suatu komponen yang bekerja berdasarkan picu cahaya optik. *Optocoupler* termasuk dalam sensor yang terdiri dari dua bagian yaitu pemancar dan penerima. Dasar rangkaian dapat ditunjukkan seperti pada gambar 21:



Gambar 21. Skema Optocoupler 4N35

(<http://www.learningaboutelectronics.com/Articles/Optocoupler-circuit.php>)

Sebagai pemancar dibangun dari sebuah LED infra merah untuk mendapatkan ketahanan yang lebih baik daripada menggunakan LED biasa. Sensor ini bisa digunakan sebagai isolator dari rangkaian tegangan rendah kerangkaian tegangan tinggi. Selain itu, dapat digunakan sebagai pendeteksi adanya penghalang antara pemancar dan penerima dengan memberi ruang uji di bagian tengah antara LED dengan fototransistor. Penggunaan ini bisa diterapkan untuk mendeteksi putaran motor atau mendeteksi lubang penanda disket pada memori komputer.

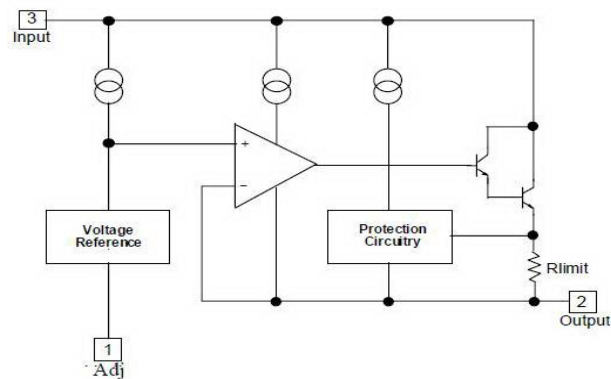
ELECTRICAL CHARACTERISTICS ⁽¹⁾								
PARAMETER	TEST CONDITION	PART	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT	
INPUT								
Junction capacitance	$V_R = 0\text{ V}, f = 1\text{ MHz}$		C_j		50		pF	
Forward voltage ⁽²⁾	$I_F = 10\text{ mA}$		V_F		1.3	1.5	V	
	$I_F = 10\text{ mA}, T_{amb} = -55\text{ }^\circ\text{C}$		V_F	0.9	1.3	1.7	V	
Reverse current ⁽²⁾	$V_R = 6\text{ V}$		I_R		0.1	10	μA	
Capacitance	$V_R = 0\text{ V}, f = 1\text{ MHz}$		C_O		25		pF	
OUTPUT								
Collector emitter breakdown voltage ⁽²⁾	$I_C = 1\text{ mA}$	4N35	BV_{CEO}	30			V	
		4N36	BV_{CEO}	30			V	
		4N37	BV_{CEO}	30			V	
Emitter collector breakdown voltage ⁽²⁾	$I_E = 100\text{ }\mu\text{A}$		BV_{ECO}	7			V	
OUTPUT								
Collector base breakdown voltage ⁽²⁾	$I_C = 100\text{ }\mu\text{A}, I_B = 1\text{ }\mu\text{A}$	4N35	BV_{CBO}	70			V	
		4N36	BV_{CBO}	70			V	
		4N37	BV_{CBO}	70			V	
Collector emitter leakage current ⁽²⁾	$V_{CE} = 10\text{ V}, I_F = 0$	4N35	I_{CEO}	5	50		nA	
		4N36	I_{CEO}	5	50		nA	
	$V_{CE} = 10\text{ V}, I_F = 0$	4N37	I_{CEO}	5	50		nA	
		4N35	I_{CEO}			500		μA
	$V_{CE} = 30\text{ V}, I_F = 0, T_{amb} = 100\text{ }^\circ\text{C}$	4N36	I_{CEO}			500		μA
		4N37	I_{CEO}			500		μA
Collector emitter capacitance	$V_{CE} = 0$		C_{CE}		6		pF	
COUPLER								
Resistance, input output ⁽²⁾	$V_{IO} = 500\text{ V}$		R_{IO}	10^{11}			Ω	
Capacitance, input output	$f = 1\text{ MHz}$		C_{IO}		0.6		pF	

Gambar 22. Karakteristik optocoupler 4N35

(<https://www.vishay.com/docs/81181/4n35.pdf>)

F. Voltage Regulator LM317

Voltage Regulator LM317 merupakan ic regluator yang memiliki tegangan *Output* yang dapat diubah-ubah sesuai kebutuhan. Untuk membuat power supply dengan tegangan *Output* variabel dapat dibuat dengan sederhana apabila menggunakan IC regulator LM317. IC Regulator tegangan variabel LM317 terdiri dari rangkaian internal sebagai berikut.



Gambar 23. Rangkaian *internal* IC LM317

(<http://elektronika-dasar.web.id/regulator-tegangan-variabel-lm317/>)

Fungsi bagian pada regulator tegangan positif LM317 sebagai berikut:

a. *Voltage Reference*

Voltage Reference adalah jalur atau bagian yang berfungsi memberikan tegangan referensi kontrol tegangan *Output* pada regulator LM317. Input tegangan referensi diambil dari rangkaian pembagi tegangan variabel (R1 dan R2 pada rangkaian dibawah).

b. Komparator

Komparator berfungsi sebagai pembanding antar tegangan *Output* dan tegangan referensi, dimana besarnya tegangan *Output* dapat dihitung dari persamaan dibawah.

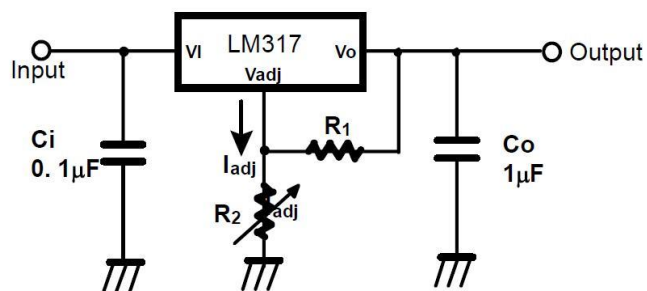
c. *Circuit Protection*

Circuit Protection adalah rangkaian pelindung IC LM317 dari terjadinya arus korsleting dan sebagi pelindung IC dari panan berlebihan.

d. *Power Regulator*

Power Regulator adalah rangkaian darlington transistor NPN yang berfungsi untuk memperkuat arus *Output* regulator tegangan variabel LM317.

IC regulator tegangan variabel LM317 memiliki kemampuan mengalirkan arus maksimum sebesar 1,5 Ampere dan mampu memberikan tegangan *Output* variabel dari 1.2V DC sampai dengan 37V DC. Contoh aplikasi penggunaan regulator tegangan variabel LM317 dapat dilihat pada gambar berikut.



$$V_o = 1.25V (1 + R_2 / R_1) + I_{adj} R_2$$

Gambar 24. Rangkaian Regulator Variabel LM317

(<http://elektronika-dasar.web.id/regulator-tegangan-variable-lm317/>)

Rangkaian Regulator Tegangan Variable LM317 Rangkaian regulator tegangan variabel diatas menggunakan IC LM317 sehingga rangkaian regulator menjadi sederhana. Komponen pendukung regulator tegangan variable LM317 pada dasarnya adalah rangkaian pembagi tegangan variabel kombinasi R1 dan R2. Kapsitor Ci dan Co berfungsi sebagai tapis input dan *Output*. nilai tegangan referensi pada regulator tegangan diatas ditentukan berdasarkan posisi tuas R2. Besarnya tegangan *Output* pada regulator tegangan variabel dengan IC LM317 (V_o) diatas dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$V_{out} = 1.25V (1 + R_2 / R_1) + I_{adj} R_2$$

Arus maksimum *voltage regulator* LM317 adalah 1.5A, kemudian dapat memberikan perubahan tegangan *Output* dari 1.2V sampai 37V DC. Dilengkapi dengan proteksi dari hubung singkat (shot cirkuit). Dan dilengkapi dengan proteksi over heating (panas berlebihan).

G. Modul Board Robot Dyn Promini 2560

Modul Robotdyn Promini 2560 adalah modul mikrokontroler ATmega2560 dengan adaptor USB-UART CH340. Modul ini berperan seperti Arduino Mega 2560. Modul board ini memiliki ukuran dimensi yang kecil, sehingga menjadi solusi yang sangat baik bagi pengguna untuk mengembangkan proyek yang berdasarkan ATmega2560. Fungsi modul Mega Promini ini sangat mirip dengan Arduino Mega 2560. Meskipun modul ini penggunaannya hanya dengan ditanam dengan *pin header* pada papan pcb pada umumnya, tetapi stabilitasnya sama seperti Arduino Mega 2560.



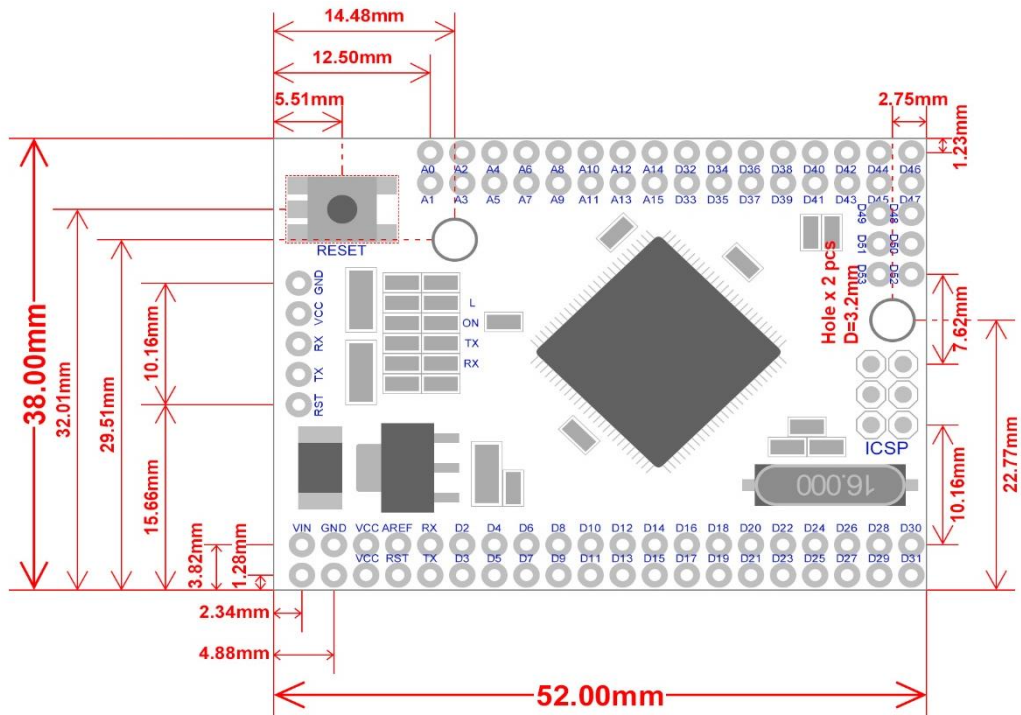
Gambar 25. Board Robot Dyn Promini 2560

(<https://robotdyn.com/mega-2560-pro-mini-atmega2560-16au.html>)

Modul ini menggunakan chip asli, dan resonator kuarsa berkualitas tinggi 16 MHz. Modul ini juga dilengkapi dengan USB UART CH340 untuk antarmuka dengan perangkat komputer. Modul ini dibangun menggunakan komponen berkualitas tinggi dengan perhatian besar pada detail dalam desain untuk memberikan solusi yang stabil. Konektivitas ke komputer disediakan melalui konektor microUSB umum (secara universal digunakan oleh sebagian besar ponsel, termasuk ponsel pintar Android). Board dapat didukung oleh port MicroUSB yang sama atau konektor soket DC Barrel. Sebuah pengatur tegangan rendah onboard (LDO) dapat diandalkan

mengatur tegangan input 6V ke 12V. Rekomendasikan 7V-9V. Arus keluaran untuk 5V adalah sekitar 800mA dan 180mA untuk 3.3V. Berikut spesifikasi Board Robot Dyn Promini 2560 berdasarkan datasheet :

- a. Mikrokontroler : ATmega2560
- b. USB-TTL converter : CH340
- c. Power Out : 5V-800mA
- d. Power In : 5V
- e. Power IN. VIN/DC Jack : 5V
- f. Power Consumption : 5V 220mA
- g. Level Logic : 5V
- h. Clock Frequency : 16MHz
- i. Operating Supply Voltage : 5V
- j. Digital I/O : 53
- k. Analog I/O : 16
- l. Memory Size : 256kb
- m. Data RAM Type/Size : 8kb
- n. Data ROM Type/Size : 4kb
- o. Interface Type : ISP
- p. Operating Temperature : $-40^{\circ}\text{C}/+85^{\circ}\text{C}$



Gambar 26. Dimensi Board Robot Dyn 2560

(file:///C:/Users/user/Desktop/Tugas%20Akhir/2560%20robotdyn/DIMEN
SI.pdf)