



**PENGARUH PENGAPLIKASIAN
SISTEM *DISTRIBUTORLESS IGNITION*
TERHADAP EMISI GAS BUANG MESIN 4E-FTE**

Skripsi

**Diajukan dalam rangka menyelesaikan Studi Strata 1
Untuk mencapai gelar Sarjana Pendidikan**

Oleh

Gostsa Khusnun Naufal

5201406037

PERPUSTAKAAN
UNNES

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

2011

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi saya yang berjudul “PENGARUH PENGAPLIKASIAN SISTEM DISTRIBUTORLESS IGNITION TERHADAP EMISI GAS BUANG MESIN 4E-FTE.” disusun berdasarkan hasil penelitian saya dengan arahan dosen pembimbing. Sumber informasi atau kutipan yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam daftar pustaka di bagian akhir skripsi ini. Skripsi ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar dalam program sejenis di perguruan tinggi manapun.

Semarang, 2011

Gotsa Khusnun Naufal
NIM. 5201406037

PERPUSTAKAAN
UNNES

ABSTRAK

Gostsa Khusnun Naufal. 2011.*Pengaruh Pengaplikasian Sistem Distributorless Ignition terhadap Emisi Gas Buang Mesin 4E-FTE.* Skripsi. Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.

Permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah seberapa besar pengaruh sistem pengapian tanpa menggunakan distributor pada mesin 4E-FTE terhadap emisi hasil gas buang yang meliputi HC (senyawa hidrokarbon), gas CO (karbon mono oksida), CO₂ (karbon dioksida), dan NO_x (senyawa nitrogen oksida). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah penggunaan sistem pengapian tanpa distributor dapat menurunkan hasil emisi gas buang mesin 4E-FTE dibandingkan dengan pengapian mesin standar 4E-FTE. Pada penelitian ini mesin yang digunakan adalah mesin dari Toyota dengan seri mesin 4E-FTE. Mesin ini diangkat dari ruang mesin mobil dan dijadikan sebagai *engine stand* untuk memudahkan penelitian. Sedangkan penelitian emisi gas buangnya dilaksanakan di DLLAJR kabupaten Blora, Jawa Tengah. Dengan menggunakan alat uji emisi HORIBA seri MEXA-554J. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada perubahan kadar emisi gas buang pada mesin 4E-FTE dengan *distributorless ignition*. Kadar emisi CO₂ tertinggi pada 3200 rpm sebesar 3,88 %vol. Kadar emisi CO terendah pada 800 dan 3200 sebesar 0,05 %vol. Kadar emisi HC terendah pada 800 rpm sebesar 2670 ppmvol. Kemudian perbandingan lambda (λ) serta AFR yang terendah pada 3200 rpm 2,4 dan 35,1:1. Sehingga kadar gas buang pada mesin 4E-FTE dengan *distributorless ignition* dibandingkan dengan mesin standar 4E-FTE mengalami kenaikan kadar emisi pada HC, serta penurunan kadar emisi CO₂ dan CO. Hal ini dikarenakan kurang sempurnanya *ignition coil* dalam memercikkan bunga api, sehingga campuran bahan bakar - udara dalam silinder tidak dapat terbakar seluruhnya.

Kata kunci : sistem *distributorless ignition*, emisi gas buang, 4E-FTE

PERPUSTAKAAN
UNNES

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Gotsa Khusnun Naufal

NIM : 5201406037

Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin

Judul : “Pengaruh Pengaplikasian Sistem Distributorless Ignition Terhadap Emisi Gas Buang Mesin 4E-FTE”

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji dan diterima sebagai persyaratan memperoleh gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.

Panitia Ujian

Ketua : Drs. Wirawan Sumbodo, M.T ()
NIP. 19660105 199002 1 002

Sekretaris : Wahyudi, S.Pd, M.Eng ()
NIP. 19800319 200501 1 001

Dewan Penguji

Pembimbing I : Hadromi, S.Pd, M.T ()
NIP. 19690807 199403 1 004

Pembimbing II : Widya Aryadi, ST, M.T ()
NIP. 19740815 200003 1 001

Penguji Utama : Wahyudi, S.Pd, M.Eng ()
NIP. 19800319 200501 1 001

Penguji Pendamping I : Hadromi, S.Pd M.T ()
NIP. 19690807 199403 1 004

Penguji Pendamping II : Widya Aryadi, S.T, M.T ()
NIP. 19740815 200003 1 001

Ditetapkan di Semarang

Tanggal :

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik

Drs. Abdurrahman, M.Pd
NIP. 19600903 198503 1 002

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

1. Yakinlah ALLAH memberi jalan jika kita berusaha.
2. Doa ibu memberi cahaya pada jalan yang ditempuh.
3. Ilmu akan berguna dan bertambah jika dipergunakan.
4. Jangan takut untuk mencoba.
5. Riset memang mahal, tetapi ilmu lebih mahal.
6. Jangan takut dengan ilmu karena ilmu akan menjauh.

Skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Ayahanda dan Ibunda yang sangat saya cintai
2. Adikku yang saya sayangi.
3. Almamater UNNES yang kubanggakan
4. Jurusan Teknik Mesin tercinta
5. Mahasiswa PTM'06.

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allahatas segala rahmat, karunia dan hidayah-Nya sehingga peneliti dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Shalawat serta salam dihaturkan kepada Nabi Muhammad SAW dan keluarganya serta seluruh sahabatnya. Pada kesempatan ini pula penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Drs. Abdurrahman, M.Pd, Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
2. Drs. Wirawan Sumbodo, M.T, Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang.
3. Wahyudi, S.Pd, M.Eng, Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Mesin.
4. Hadromi, S.Pd, M.T, Dosen Pembimbing I.
5. Widya Aryadi, S.T, M.T, Dosen Pembimbing II.
6. Wahyudi, S.Pd, M.Eng, Dosen Penguji
7. Semua pihak yang telah membantu hingga terselesaikannya skripsi ini.

Penulis hanya dapat memohon kepada Allah agar semua pihak yang telah membantu penyelesaian skripsi ini diberikan pahala yang sebesar-besarnya. Saran dan kritik yang membangun akan diterima agar skripsi ini menjadi lebih baik.

Akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Semarang, Juli 2011

Penulis

DAFTAR ISI

JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
ABSTRAK	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	3
E. Penegasan Istilah	4
BAB II LANDASAN TEORI	7
A. Mesin 4E-FTE	6
B. Reaksi Pembakaran Motor Bensin	8
D. Pengontrolan Waktu Pengapian	9
E. ESA (<i>Electronic Spark Advance</i>)	11
F. DIS (<i>Direct Ignition System</i>)	19
G. Emisi	21
BAB III METODE PENELITIAN	26
A. Desain Penelitian	26
B. Perancangan Alat Distributorless Ignition	26
C. Alat dan Bahan	29
D. Waktu dan Tempat Penelitian	31
E. Prosedur Penelitian	31

BAB IV	HASIL PELITIAN DAN PEMBAHASAN	37
	A. Hasil Penelitian	37
	B. Pembahasan	41
BAB V	PENUTUP	49
	A. Simpulan	49
	B. Saran	49
	DAFTAR PUSTAKA	51
	LAMPIRAN	52



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Mesin 4E-FTE	7
Gambar 2.2	<i>Turbocharger</i> seri CT -9	8
Gambar 2.3	Derajat pengapian	10
Gambar 2.4	Timing pengapian terhadap beban, rpm, <i>Vacum intake manifold</i>	11
Gambar 2.5	Skema ESA	13
Gambar 2.6	<i>Camshaft position sensor</i>	13
Gambar 2.7	Rotor pada distributor 4E-FTE.....	14
Gambar 2.8	<i>TurboPressure</i> Sensor.....	15
Gambar 2.9	<i>Throttle position sensor</i>	15
Gambar 2.10	<i>Water Temperature sensor</i>	16
Gambar 2.11	<i>Knock sensor</i>	17
Gambar 2.12	Skema ECU dan <i>igniter</i>	18
Gambar 2.13	<i>Wave form ignition signal</i>	18
Gambar 2.14	<i>Igniter dan ignition coil</i>	19
Gambar 2.15	Skema DIS.....	20
Gambar 2.16	Skema COP.....	21
Gambar 2.17	Hubungan waktu pembakaran dengan jumlah NOx	24
Gambar 2.22	Hubungan antara timing pengapian dengan jumlah NOx	25
Gambar 3.1	<i>Opto transistor</i>	27
Gambar 3.2	Plat rotor dan penempatan <i>optotransistor</i> pada dudukannya.....	28
Gambar 3.3	Rangkaian elektronik <i>Distributorless Ignition</i>	29
Gambar 3.4	Alat uji emisi HORIBA seri MEXA-554J	30
Gambar 3.5	<i>Engine stand</i> 4E-FTE.....	31
Gambar 3.6	Pemasangan sensor <i>Opto transistor</i> pada distributor.....	32
Gambar 3.7	Skema pemasangan <i>distributorless ignition</i>	33
Gambar 3.8	Alur Penelitian.....	36
Gambar 4.3	Hasil uji CO ₂	38

Gambar 4.4	Hasil uji CO.....	39
Gambar 4.5	Hasil uji HC.....	39
Gambar 4.6	Hasil uji lambda.....	40
Gambar 4.7	Hasil uji AFR.....	40
Gambar 1	Pengecekan mesin sebelum pengujian.....	53
Gambar 2	Pemanasan mesin sebelum pengujian.....	53
Gambar 3	Alat uji emisi HORIBA seri MEXA-554J	54
Gambar 4	Probe tes	54
Gambar 5	Memasukkan probe tes ke dalam knalpot.....	55
Gambar 6	Tampilan data pada layar	55



DAFTAR TABEL

Table 3.1	Lembar pengamatan tes emisi mesin 4E-FTE.....	34
Tabel 4.1	Hasil tes mesin 4E-FTE standart	37
Tabel 4.2	Hasil tes emisi mesin 4E-FTE dengan perubahan sistem pengapian <i>distributorless</i>	38



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Surat ijin penelitian.....	56
Lampiran 2.	Surat ijin bukti telah melakukan penelitian.....	57
Lampiran 3.	Hasil tes mesin 4E-FTE	58



BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG MASALAH

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi memunculkan penemuan-penemuan di berbagai bidang. Dunia teknik merupakan salah satu bidang yang menunjukkan perkembangan yang sangat pesat. Terobosan-terobosan baru senantiasa dilakukan dalam rangka mencapai suatu hasil yang dapat bermanfaat bagi umat manusia.

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam bidang otomotif memunculkan pemikiran-pemikiran untuk menghasilkan jenis kendaraan dengan kualitas dan efisiensi mesin yang terbaik. Mesin kendaraan yang baik harus mampu menghasilkan tenaga yang maksimal, namun dengan konsumsi bahan bakar yang seminimal mungkin untuk menghemat sumber energi yang ada di alam ini karena sumber energi semakin lama akan semakin menipis jumlahnya. Begitu pula dengan dampak pencemaran yang terjadi akibat sisa hasil pembakaran bahan bakar sebagai sumber energi perlu kita tekan seminimal mungkin.

Motor bensin yang menggerakkan mobil penumpang, truk, sepeda motor dan jenis kendaraan lain dewasa ini merupakan perkembangan dan perbaikan mesin yang sejak semula dikenal sebagai motor Otto. Motor tersebut dilengkapi dengan busi dan karburator. Busi menghasilkan loncatan api listrik yang menyalakan campuran bahan bakar dan udara segar, karena itu motor bensin

cenderung dinamai *spark ignition engine* (Arismunandar, 1977 : 61). Berbagai sistem penyalan bahan bakar telah berkembang pesat, mulai dari sistem konvensional sampai dengan sistem ESA (*electronic spark advance*). Pada mesin mobil Starlet 4E-FTE menggunakan sistem ESA (*electronic spark advance*) dengan satu *ignition coil*, sedangkan pembagi arus ke tiap silinder menggunakan *distributor* yang terletak pada *cylinder head*. Sedangkan pada mobil saat ini menggunakan sistem *direct ignition system*, dimana tiap silinder disuplai oleh satu *ignition coil*. Penggunaan *multi coil* akan berakibat pada tiap coil akan mempunyai cukup waktu untuk pembangkitan medan magnet, sehingga *ignition coil* akan berada pada kondisi kerja yang ideal (Toyota Motor Sales USA, Ignition 3:5)

Sehingga campuran bahan bakar dan udara pada tiap silinder akan terbakar dengan sempurna. Hal ini berimbas pada emisi gas buang mesin kendaraan. Pada sistem satu *ignition coil* memungkinkan terjadinya *misfire* dikarenakan pada putaran mesin tinggi kemampuan *ignition coil* untuk membuat medan magnet per satuan waktu mendekati batas. Jika terjadi *misfire* maka akan menghasilkan gas buang yang buruk karena pembakaran campuran bahan bakar dan udara yang tidak terbakar seluruhnya. Kandungan emisi gas buang itu sendiri berupa HC (senyawa hidrokarbon), gas CO (karbon monoksida), CO₂ (karbon dioksida), dan NO_x (senyawa nitrogen oksida).

Dari uraian di atas penulis mencoba untuk mengadakan penelitian pengaruh pengaplikasian sistem distributorless ignition terhadap emisi gas buang mesin 4e-ft.

B. RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah :

Bagaimanakah pengaruh pengaplikasian sistem *distributorless ignition* terhadap emisi gas buang mesin turbo 4E-FTE?

C. TUJUAN

Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini yaitu :

Untuk mengetahui pengaruh pengaplikasian sistem *distributorless ignition* terhadap emisi gas buang mesin turbo 4E-FTE.

D. MANFAAT PENELITIAN

Dengan adanya penelitian mengenai pengaruh pengaplikasian sistem *distributorless ignition* terhadap emisi gas buang mesin turbo pada mobil starlet 4E-FTE dapat diambil manfaatnya antara lain:

1. Memberikan informasi tentang penggantian sistem pengapian *distributor* menjadi sistem *distributorless* pada mesin turbo 4E-FTE dapat mempengaruhi emisi gas buang.
2. Meningkatkan wawasan dan pengetahuan bagi para peneliti khususnya di bidang Otomotif.

E. PENEGASAN ISTILAH

Untuk menghindari terjadinya salah penafsiran terhadap judul skripsi ini, maka perlu diberikan penjelasan tentang arti istilah-istilah dalam skripsi ini. Istilah-istilah yang dianggap perlu untuk dijelaskan adalah :

1. Pengaruh

Menurut kamus besar Bahasa Indonesia 2003, pengaruh adalah daya yang ada atau timbul dari sesuatu (orang, benda dan sebagainya) yang berkuasa atau berkekuatan. Pengaruh dalam penelitian ini adalah hubungan yang mempengaruhi dampak pengaplikasian sistem *distributorless ignition* terhadap emisi gas buang mesin turbo 4E-FTE.

2. Sistem *Distributorless Ignition*

Sistem *distributorless ignition* adalah sistem pengapian tanpa menggunakan mekanisme distributor (Toyota Motor Sales USA, ignition 3:5). Dalam penelitian ini *distributorless ignition* diartikan sistem pengapian yang menggunakan *distributor* sebagai sensor masukan ke alat pembagi tegangan dari *igniter* menuju ke *ignition coil* pada masing-masing silinder.

3. Emisi gas buang

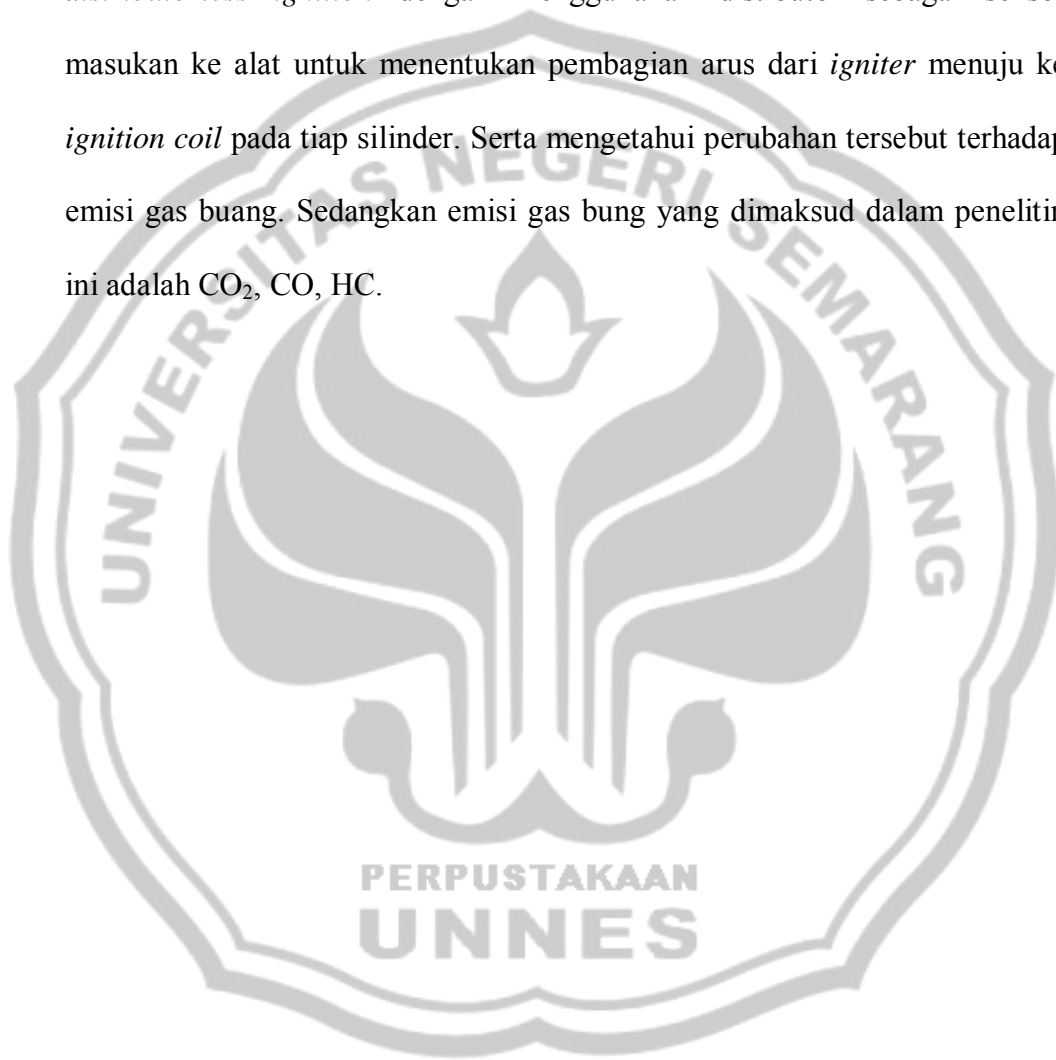
Adalah hasil dari pembakaran dari campuran bahan bakar dan udara yang dipicu oleh bunga api yang berasal dari busi. Komposisi dari sisa pembakaran ini adalah : HC (senyawa hidrokarbon), gas CO (karbon mono oksida), CO₂ (karbon dioksida), dan NO_x (senyawa nitrogen oksida) (Martyr.Plint,1995:326).

4. Mesin 4E-FTE

Mesin 4E-FTE adalah mesin seri ke 4 dari keluarga mesin jenis E. Dengan spesifikasi :4E-FTE L4 1331 cc EFI DOHC 16 valve dilengkapi

turbo jenis Toyota ct-9 Turbocharger (CT-9A) dilengkapi dengan *Intercooler*. (www.wikipedia.com,2010)

Jadi maksud dari penelitian ini adalah melakukan suatu tindakan merubah sistem pengapian distributor pada mesin 4E-FTE menjadi sistem *distributorless ignition* dengan menggunakan distributor sebagai sensor masukan ke alat untuk menentukan pembagian arus dari *igniter* menuju ke *ignition coil* pada tiap silinder. Serta mengetahui perubahan tersebut terhadap emisi gas buang. Sedangkan emisi gas bung yang dimaksud dalam penelitin ini adalah CO₂, CO, HC.



BAB II

LANDASAN TEORI

A. Mesin 4E-FTE

Mesin ini diproduksi pertama kali oleh Toyota pada tahun 1989. Motor bakar 4 langkah ini termasuk dalam kategori motor pembakaran dalam dimana mesin yang gerakannya dihasilkan dari pembakaran yang terjadi di dalam ruang bakar. Mesin motor 4 langkah disebut juga *spark ignition engine* yaitu mesin yang penyalaan bahan bakar - udara menggunakan percikan arus tegangan tinggi dari busi.

Mesin 4E-FTE berasal dari seri mesin E generasi ke-4. Sistem bahan bakarnya menggunakan teknologi EFI, dimana sistem penyemprotan bahan bakarnya dikontrol secara elektronik agar didapatkan nilai campuran udara dan bahan bakar selalu sesuai dengan kebutuhan mesin. Berdasar dari jumlah dan temperatur udara yang masuk, putaran mesin, temperatur air pendingin, posisi katup gas, sensor oksigen serta sensor lainnya. Sehingga didapatkan daya mesin yang optimal dengan pemakaian bahan bakar yang minimal serta mempunyai gas buang yang ramah lingkungan (Toyota Step 1,1994:368).

Mekanisme katup yang digunakan adalah sistem noken as ganda dengan jumlah katup 4 buah per silinder. Hal ini ditujukan agar efisiensi udara masuk tinggi, sehingga tenaga mesin yang dihasilkan meningkat dengan penggunaan bahan bakar yang lebih efisien. Penggunaan bahan bakar yang efisien akan berimbas pada emisi dari mesin yang lebih rendah.



Gambar 2.1 . Mesin 4E-FTE

Pada mesin 4E-FTE ini dilengkapi dengan *turbocharger* dengan seri CT - 9. *Turbocharger* adalah suatu jenis pompa untuk menekan udara yang masuk ke dalam silinder untuk menambah kepadatan udara. Pada mesin tanpa *turbocharger*, efisiensi pengisian udara yang dihisap ke silinder hanya 65 % - 85% dari volume udara silinder, hal ini dikarenakan adanya hambatan pada saluran udara masuk serta keterbatasan kecepatan udara berbanding dengan kecepatan piston. Dengan menggunakan *turbocharger* pada mesin, efisiensi pengisian udara dalam silinder dapat melebihi 100%. Pada sistem *turbocharger* ini mempunyai dua bilah turbin. Turbin pertama akan berputar karena tekanan udara dari gas buang, yang putaran ini akan diteruskan ke bilah ke dua yang berfungsi sebagai penghasil tekanan udara yang diteruskan menuju ke mesin.



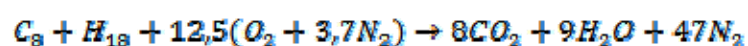
Gambar 2.2 . Turbocharger seri CT -9

B. Reaksi Pembakaran Motor Bensin

Pada mesin 4E-FTE memiliki spesifikasi bahan bakar bensin, dimana bahan bakar bensin akan dicampur dengan udara kemudian disulut dengan bunga api sehingga terjadi proses pembakaran. Dimana pembakaran adalah reaksi kimia antara unsur bahan bakar dengan oksigen. Oksigen didapat dari udara luar yang merupakan campuran dari beberapa senyawa kimia.

Dalam proses pembakaran dalam maka tiap macam bahan bakar selalu membutuhkan sejumlah udara tertentu agar bahan bakar dapat dibakar secara sempurna. Bahan bakar bensin, untuk dapat terbakar sempurna membutuhkan udara kurang dari 15 kali berat bahan bakarnya.

Rumus kimia bahan bakar adalah C_nH_m . Adapun reaksi kimia pembakaran bahan bakar hidrokarbon secara umum dapat dinyatakan dalam pernyataan sebagai berikut:



Persamaan reaksi kimia pembakaran di atas menunjukkan proses pembakaran yang sempurna dari 1 mol bahan bakar. Selama proses

pembakaran, senyawa hidrokarbon terurai terjadi senyawa-senyawa hidrogen dan karbon yang masing-masing bereaksi dengan oksigen membentuk CO_2 dan H_2O .

Dalam pembakaran ideal dibutuhkan perbandingan udara dan bahan bakar yang dibutuhkan dalam silinder untuk proses pembakaran adalah 14,7 :

1. Perbandingan udara dan bahan bakar disebut AFR (*air fuel ratio*). Perbandingan udara dan bahan bakar akan berubah sesuai dengan kondisi beban mesin.

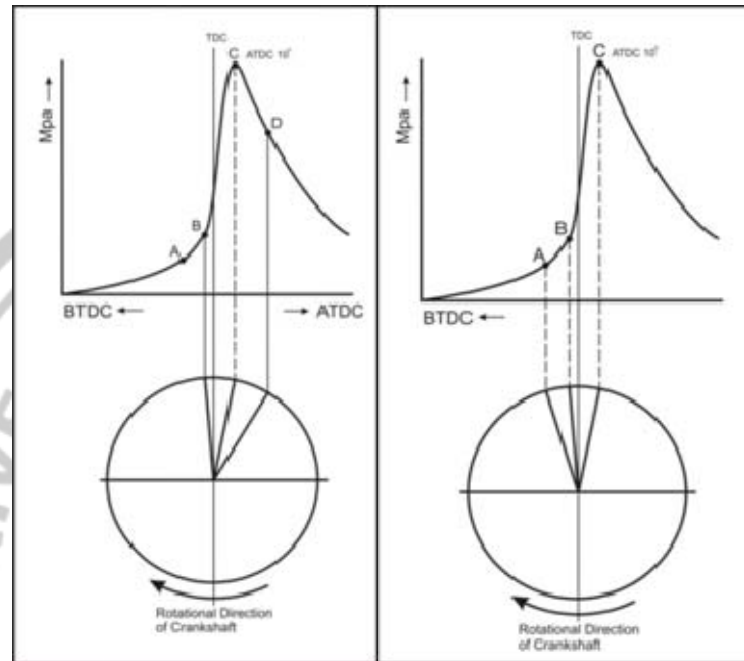
C. Pengontrolan Waktu Pengapian

Pada mesin bensin, campuran bahan bakar-udara dibakar untuk menghasilkan pembakaran, dan gaya yang dihasilkan letupan menyebabkan piston terdorong ke bawah. Waktu pengapian yang memungkinkan mesin untuk menghasilkan pembakaran maksimal pada saat putaran rendah adalah 10^0 sebelum titik mati atas, dan berubah setiap saat tergantung kondisi operasi mesin. Oleh karena itu, sistem pengapian harus dapat membakar campuran bahan bakar pada waktu yang memungkinkan piston untuk menghasilkan gaya dorong ke bawah dengan cara yang paling efisien sesuai dengan kondisi operasi mesin.

a) *Ignition delay period*

Pembakaran campuran bahan bakar-udara tidak terjadi secara langsung setelah busi memercikkan bunga api, tetapi pembakaran merambat mulai dari sekitar busi kemudian ke sekelilingnya. Waktu ketika campuran bahan bakar-udara dibakar hingga terbakar habis

disebut *ignition delay period* (antara A dan B pada gambar 2.3). *Ignition delay period* selalu konstan, tidak terpengaruh oleh perubahan kondisi mesin. Tetapi tiap bahan bakar memiliki *Ignition delay period* yang berbeda.

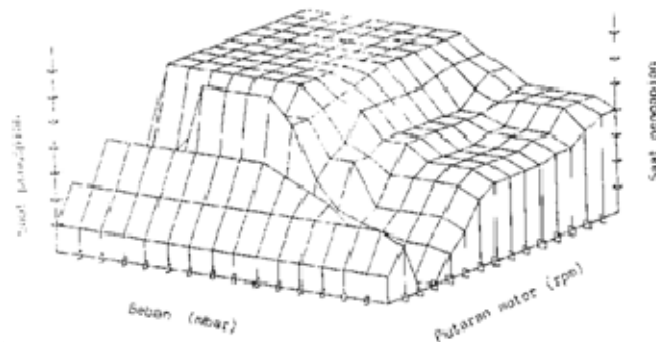


Gambar 2.3 . Derajat pengapian.

b) *Flame propagation period*

Setelah nucleus api terbentuk, api menyebar keluar. Kecepatan penyebarannya disebut *flame propagation speed* dan periodenya disebut *flame propagation period* (B-C-D pada gambar 2.3). Apabila jumlah udara yang masuk intake besar, campuran bahan bakar-udara menjadi lebih pekat. Oleh karena itu, jarak antara partikel dalam campuran bahan bakar-udara menjadi berkurang, sehingga mempercepat pembakaran. Dan juga, perputaran campuran bahan bakar-udara lebih kuat, lebih cepat pula penyebaran apinya. Ketika *flame propagation speed* tinggi, *timing*

pengapian perlu dimajukan. Oleh karena itu, waktu pengapian perlu dikontrol sesuai dengan kondisi mesin.



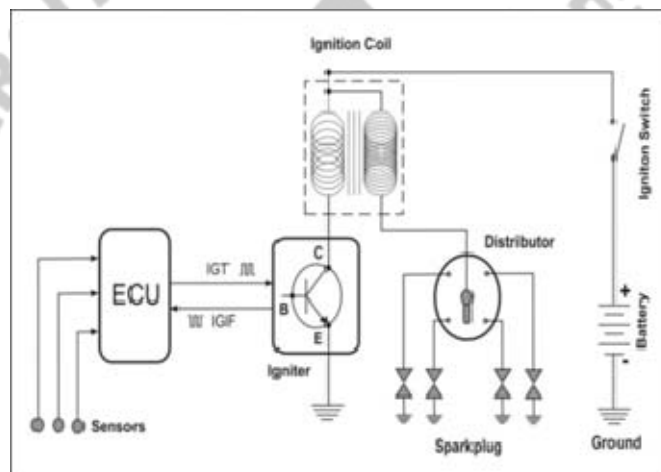
Gambar 2.4. Timing pengapian terhadap beban, rpm, *vakum intake manifold*

D. ESA (Elektronik Spark Advance)

Electronic Spark Advance (ESA) pada mesin 4E-FTE adalah suatu sistem pengapian elektronik dimana prinsip kerjanya untuk mengontrol waktu pengapian. Sistem ini sudah tidak lagi menggunakan *governor* dan *vacuum advancer* untuk memajukan waktu pengapian. Pada tipe ini masih menggunakan distributor untuk membagikan arus tegangan tinggi ke tiap-tiap busi.

ECU menerima sinyal dari berbagai sensor, menghitung waktu pengapian dan mengirimkan sinyal waktu pengapian ke *igniter* atau disebut sebagai IGT. Waktu pengapian dihitung secara terus menerus sesuai dengan kondisi mesin, berdasarkan nilai optimal waktu pengapian yang disimpan dalam komputer dalam bentuk peta ESA. Dibandingkan kontrol mekanik waktu pengapian pada sistem konvensional, metode kontrol dengan ESA memberikan presisi yang lebih baik, dan kebebasan untuk menetapkan waktu pengapian. Hasilnya, sistem ini memberikan konsumsi bahan bakar dan daya output yang lebih baik. Tetapi

dengan penggunaan distributor dalam pembagian arus dari *ignition coil* menuju busi terjadi kerugian tegangan, serta pada putaran tinggi *ignition coil* akan bekerja mendekati batas kemampuannya dalam menghasilkan bunga api. Hal ini dikarenakan pada sistem ini satu *ignition coil* bekerja mengalirkan arus ke empat busi, jika *ignition coil* mendekati batas kemampuannya akan terjadi ketidaktepatan waktu pengapian dikarenakan gagalnya busi memercikkan api. Efeknya emisi gas buang menjadi buruk dikarenakan adanya gas buang yang tidak terbakar dalam mesin.



Gambar 2.5. Skema ESA

Dalam sistem ESA terdapat sensor yang memberikan masukan ke ECU dalam menentukan waktu pengapian, sensor tersebut antara lain adalah :

- a. *Camshaft position sensor*.

Sensor ini mendeteksi sudut *camshaft*. Serta mengetahui kecepatan putaran mesin.



Gambar 2.6 . *Camshaft position sensor*.

Pada distributor terdapat sensor yang mendeteksi putaran mesin dan posisi dari silinder satu, hal ini dilakukan untuk mengetahui kapan waktu pengapian dan penyesuaian *timing* pengapian berdasarkan putaran mesin. Pada distributor terdapat pula rotor yang berfungsi sebagai pembagi arus dari *ignition coil* menuju busi sesuai dengan urutan waktu pengapiannya.



Gambar 2.7. Rotor pada distributor 4E-FTE

b. *TurboPressure Sensor.*

TurboPressure Sensor adalah sensor yang mendeteksi tekanan dalam intake udara atau *manifold pressure*. Pada saat turbo bekerja maka tekanan dalam manifold akan berubah menjadi positif, hal ini akan disensor oleh *TurboPressure Sensor*, sinyal keluarannya akan digunakan ECU untuk mengatur waktu pengapian.



Gambar 2.8 .*TurboPressure Sensor*

c. *Throttle position sensor.*

Sensor ini mendeteksi kondisi mesin stasioner atau pada saat mesin sedang dalam pembukaan katup gas penuh. Pada saat katup gas keadaan menutup maka timing pengapian akan diset sekitar 10° sebelum titik mati atas, dan ketika katup gas dalam keadaan membuka maka timing pengapiannya akan ikut berubah menjadi lebih awal untuk menghasilkan tenaga yang lebih besar.



Gambar 2.9. *Throttle position sensor*

d. *Water Temperature sensor*

Sensor ini mendeteksi suhu air radiator. Waktu pengapian akan diatur ulang bila suhu pendingin rendah. Agar dalam penyalaan mesin pada keadaan dingin lebih mudah serta mesin dalam mencapai suhu kerja lebih cepat. Kemudian jika suhu mesin mencapai suhu kerja maka waktu pengapian akan diatur kembali ke waktu pengapian normal. Tetapi jika sensor ini memberikan informasi bahwa suhu air radiator diatas keadaan normal maka computer akan mematikan mesin untuk mencegah kerusakan akibat *over heat*.



Gambar 2.10. *Water Temperature sensor.*

e. *Knock sensor*

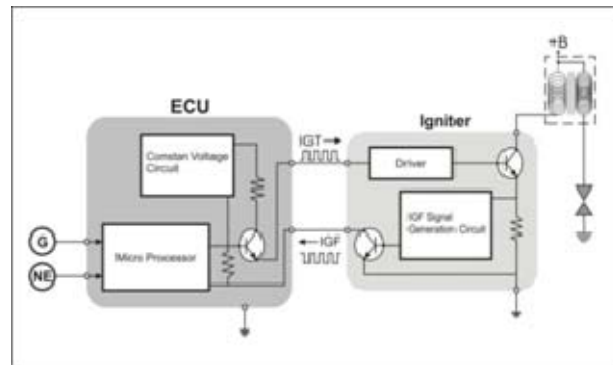
Sensor mendeteksi kondisi detonasi pada mesin, ketika terjadi pembakaran dini pada mesin akan menghasilkan bunyi gemelitik. Kemudian getaran yang dihasilkan akan terdeteksi oleh sensor ini, pada saat terjadi *knocking* komputer akan memundurkan waktu pengapian. Setelah kondisi normal maka pengapian akan diatur kembali seperti semula.



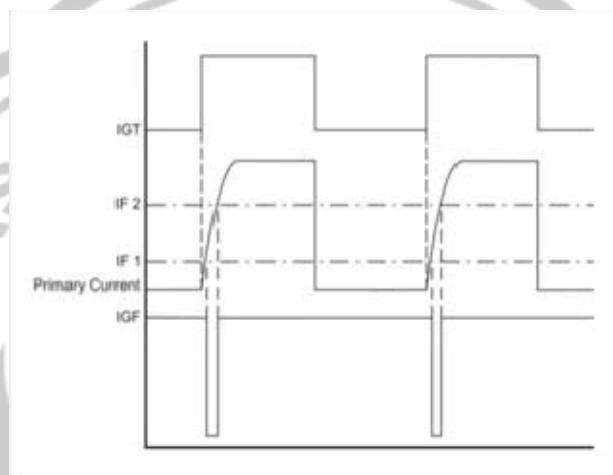
Gambar 2.11. *Knock sensor*.

f. *Igniter dan coil ignition*

Igniter merespon sinyal IGT yang di keluarkan ECU mesin untuk memberikan tegangan ke *ignition coil*. *Igniter* juga mengirim sinyal konfirmasi pengapian (IGF) ke ECU. *Ignition coil* berfungsi menghasilkan tegangan tinggi yang dapat menghasilkan loncatan bunga api antara elektroda busi. Kumaran primer dan sekunder dililitkan di sekitar inti. Kumaran sekunder dililitkan sekitar 100 kali lebih banyak dari kumaran primer. Terminal negatif kumaran primer dihubungkan ke *igniter*, dan *output* kumaran sekunder dihubungkan ke busi. Sedangkan terminal positif kumaran primer dihubungkan ke positif baterai.



Gambar 2.12. Skema ECU dan igniter.



Gambar 2.13. Wave form ignition signal.

Igniter melaksanakan interupsi pada arus primer yang mengalir ke *ignition coil* sesuai dengan sinyal pengapian (IGT) yang dioutput oleh ECU. Kemudian *igniter* mengirimkan sinyal konfirmasi pengapian (IGF) dioutput ketika arus primer yang mengalir dari *igniter* mencapai nilai yang ditetapkan IF1. Ketika arus primer melampaui nilai IF2 yang ditentukan, sistem memastikan bahwa jumlah arus yang diperlukan sudah mengalir, dan membiarkan sinyal IGF untuk kembali ke tegangan awal. Bila ECU tidak menerima sinyal IGF, maka ECU menentukan bahwa telah terjadi kegagalan pada sistem *igniter*. ECU menghentikan injeksi bahan bakar dan menyimpan kegagalan di dalam fungsi diagnosis. Akan tetapi ECU tidak dapat

mendeteksi kegagalan dalam arus sekunder rangkaian karena ECU memonitoring hanya arus rangkaian untuk sinyal IGF.



Gambar 2.14 . *Igniter dan ignition coil*

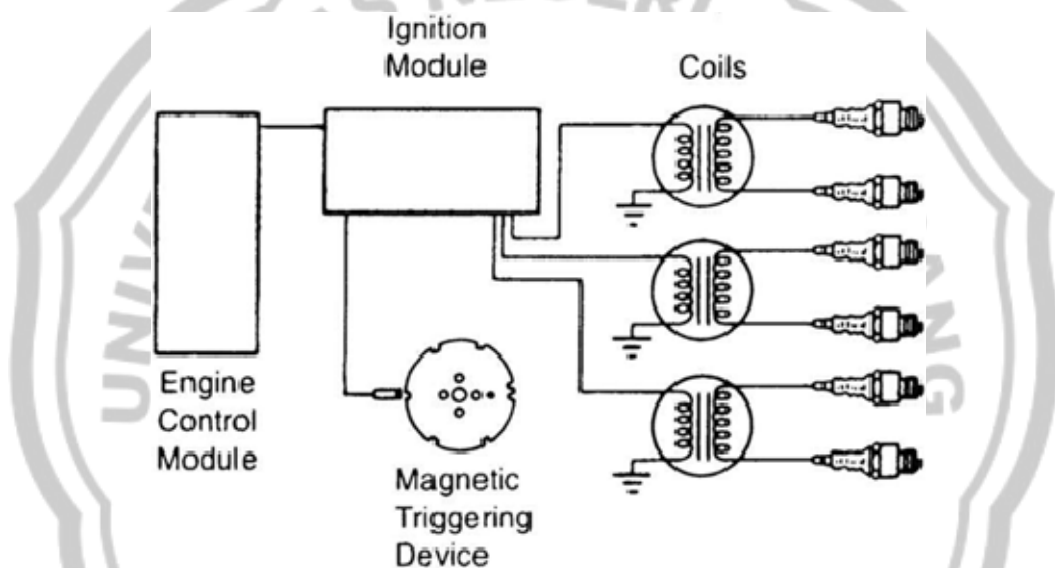
E. DIS (Direct Ignition System)

Pada sistem DIS, distributor sudah tidak lagi digunakan seperti pada sistem pengapian konvensional. Sistem DIS menggunakan *ignition coil* dengan *igniter* independen untuk tiap-tiap silinder atau menggunakan satu *ignition coil* untuk dua silinder. Karena sistem ini tidak memerlukan distributor, maka dapat mengurangi energi yang hilang pada area tegangan tinggi. Pada saat yang sama, DIS dapat meminimalisir gangguan elektromagnetik karena rotor tidak lagi digunakan pada area tegangan tinggi. DIS menggunakan kontrol waktu pengapian ESA. Jarak antara aliran tegangan tinggi menjadi pendek dengan menghubungkan *ignition coil* dan busi secara langsung, menyebabkan kehilangan tegangan dan gangguan

elektromagnetik berkurang. Dengan demikian, ketahanan sistem pengapian ditingkatkan.

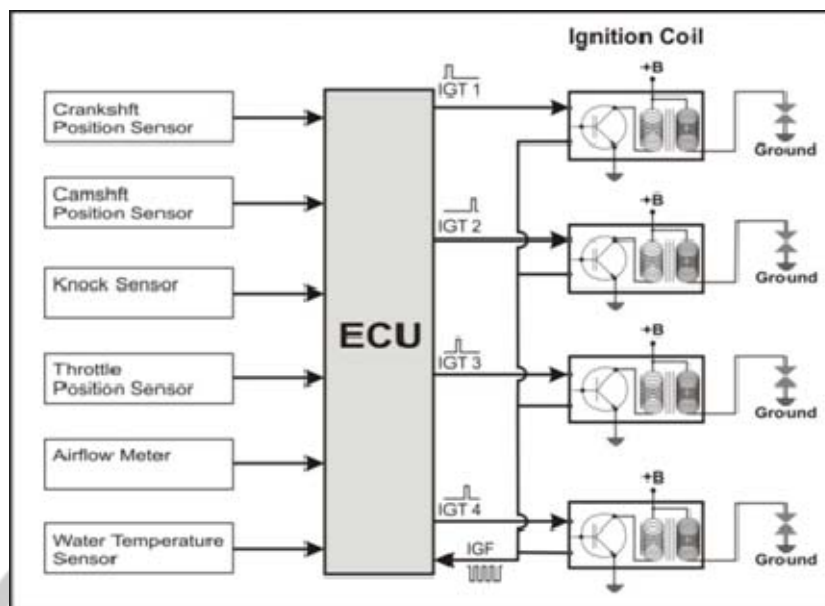
Perbedaan pada sistem pengapian ESA adalah adanya *Crankshaft position sensor*, berfungsi mendeteksi posisi dari langkah silinder.

Pada sistem DIS yang menggunakan satu silinder untuk dua silinder firing ordernya antara silinder 1 dan 4 bersamaan, serta silinder 2 dan 3 berlnsung bersamaan.



Gambar 2.15 . Skema DIS

Pada sistem pengapian yang terdiri dari *igniter* dan *ignition coil* disatukan menjadi satu unit dan peruntukannya untuk satu silinder individual disebut *coil on plug* (COP). Pada sistem COP firing ordernya sama dengan pengapian konvensional yaitu 1-3-4-2.



Gambar 2.16 . Skema COP

F. Emisi

Emisi gas buang merupakan sisa hasil pembakaran mesin kendaraan yang dikeluarkan ke udara. Sumber emisi gas buang itu sendiri berupa H₂O (air), HC (senyawa hidrat), gas CO (karbon mono oksida), CO₂ (karbon dioksida), dan NO_x (senyawa nitrogen oksida).

a. HC

Merupakan sisa dari bahan bakar yang tidak terbakar, jumlah HC berbeda pada tiap jenis bahan bakar tergantung dari bahan dasar bahan bakar tersebut.

Penyebab HC tinggi adalah :

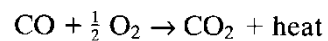
1. Perbandingan jumlah bahan bakar-udara yang tidak seimbang.
2. Pembakaran yang tidak sempurna, sisa bahan bakar yang tidak terjangkau api pembakaran akan lolos menjadi gas HC.

3. Kompresi yang bocor, pada saat kompresi beberapa bahan bakar-udara akan lolos melalui ring silinder.
4. Gas yang lolos melalui katup buang pada saat kompresi dapat menghasilkan gas HC.
5. Overlap katup, akan membuat banyak gas segar terbang keluar.
6. Deposit dalam ruang bakar akan membuat gas baru menjadi cepat menguap.
7. Sisa oli pada dinding ruang bakar akan ikut terbakar dan menghasilkan gas HC.

b. Gas CO (karbon mono oksida)

Gas CO (karbon mono oksida) merupakan gas yang tidak berbau, tidak berwarna dan gas yang beracun dan mudah bereaksi dengan unsur lain. Karbon mono oksida ini timbul akibat kurangnya campuran udara dalam proses pembakaran atau akibat proses pembakaran pada HC yang tidak sempurna, seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya. CO (karbon mono oksida) ini dapat membahayakan kesehatan pada manusia karena darah lebih mudah mengikat CO dari pada oksigen sehingga dapat mengakibatkan mati lemas. Tetapi emisi CO (karbon mono oksida) pada kendaraan ini dapat dikurang dengan mengubahnya ke CO₂ dengan memberikan tambahan oksigen ke dalam knalpot. Gas CO ini paling banyak dihasilkan ketika mesin dalam keadaan campuran bahan bakar udara kaya, ketika mesin dinyalakan dan ketika mesin dalam keadaan berakselerasi.

Tetapi gas CO ini dapat diolah kembali dengan menambahkan oksigen, kemudian dapat menghasilkan panas tambahan untuk memberikan panas ke mesin. dengan persamaan :



c. Gas CO₂ (karbon dioksida)

Gas CO₂ (karbon dioksida) merupakan hasil proses pembakaran sempurna dari bensin atau HC (senyawa hidrat) dengan O₂ (oksigen). Konsentrasi CO₂ semakin tinggi maka akan semakin baik, hal ini menunjukkan secara langsung status proses pembakaran di ruang bakar pada mesin kendaraan. Sumber CO₂ ini hanya dari ruang bakar pada mesin dan CC. Tetapi pada keadaan tertentu konsentrasi CO₂ yang tinggi ini akan berbanding terbalik dengan keadaan iklim di luar. Karena CO₂ merupakan sumber emisi terbesar gas rumah kaca.

d. Gas NO_x (senyawa nitrogen oksida)

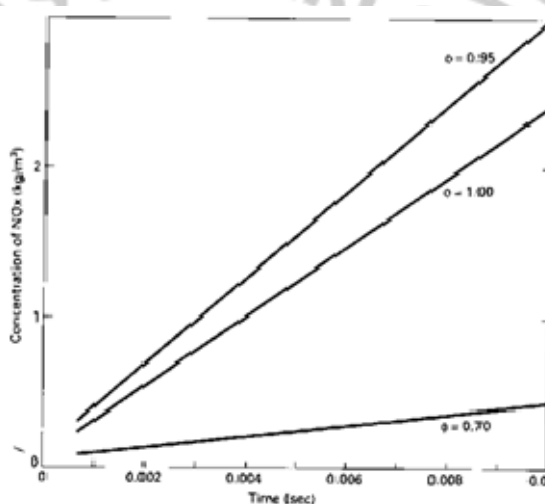
Gas NO_x (senyawa nitrogen oksida) adalah ikatan kimia antara nitrogen dan oksigen. Senyawa NO_x dihasilkan karena tingginya konsentrasi oksigen dan suhu di ruang bakar. Dalam kondisi normal di atmosfer, nitrogen adalah gas inert yang amat stabil yang tidak akan berikatan dengan unsur lain. Tetapi dalam kondisi suhu tinggi dan tekanan tinggi dalam ruang bakar, nitrogen akan memecah ikatannya dan berikatan dengan oksigen. Emisi senyawa NO_x ini sangat tidak stabil dan bila terlepas ke udara bebas, akan berikatan dengan oksigen dan membentuk

NO₂. Senyawa ini sangat berbahaya karena beracun dan bila terkena air akan membentuk senyawa nitrat

Gas ini pula dapat memicu terjadinya *Photochemical Smog*, dan hal ini menjadi masalah di kota besar. Dengan proses :



Tetapi pada mobil produksi akhir yang telah menerapkan sistem pembakaran cepat dapat mengurangi produksi NO_x.

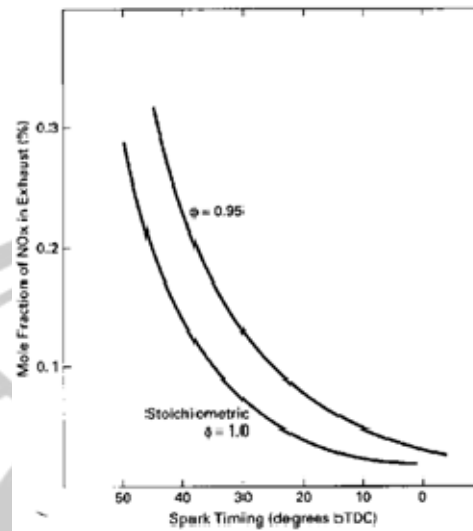


Gambar 2.17. Hubungan waktu pembakaran dengan jumlah NO_x.

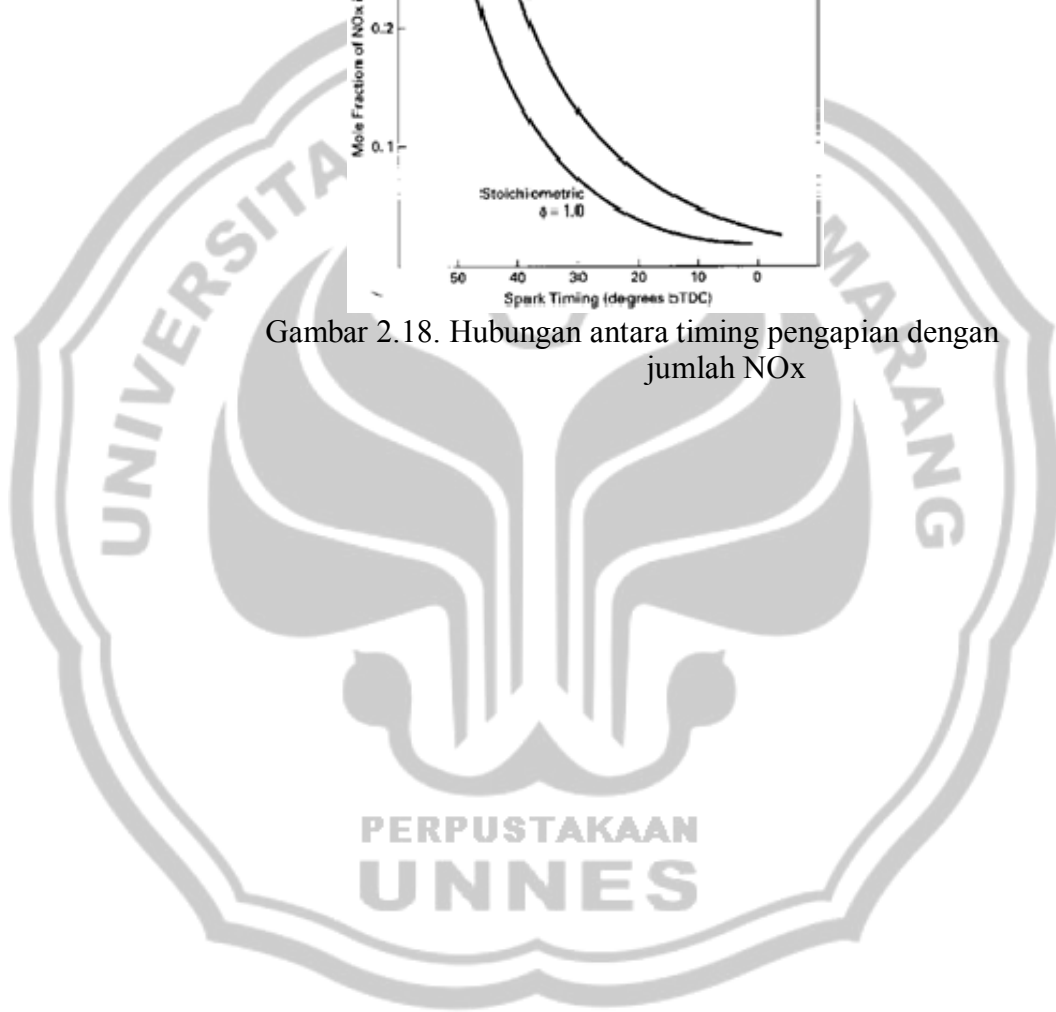
Pembakaran yang terjadi dengan cepat dapat mereduksi nilai NO_x, penggunaan dua buah busi dan pemilihan tipe ruang bakar yang tepat dapat menunjang pengurangan kadar NO_x.

Begitu pula dengan timing pengapian dapat berpengaruh terhadap gas NO_x, semakin maju derajat pengapiannya akan menghasilkan panas pembakaran yang tinggi sehingga menghasilkan NO_x yang tinggi. Pada mobil produksi sekarang waktu pengapiannya diatur oleh komputer

sehingga waktu pengapiannya dapat diseting untuk menghasilkan gas NOx tanpa mengorbankan tenaga yang dihasilkan.



Gambar 2.18. Hubungan antara timing pengapian dengan jumlah NOx



BAB III

METODE PENELITIAN

A. Desain Penelitian

Pada penelitian ini desain yang digunakan adalah metode eksperimental yang dilakukan di Dinas Perhubungan Pariwisata Kebudayaan Komunikasi Dan Informatika Kabupaten Blora, yang beralamat Jl. Gatot Subroto Km. 4,6 Blora. Peran Dinas Perhubungan Pariwisata Kebudayaan Komunikasi Dan Informatika Kabupaten Blora dalam penelitian ini sebagai pihak penguji emisi gas buang dari mesin 4E-FTE, sehingga hasil dari tes emisi dapat dipertanggungjawabkan. Rancangan percobaan memerlukan langkah-langkah atau tindakan yang tersusun secara sistematis sehingga informasi yang diperlukan untuk menjawab permasalahan yang diteliti dapat terkumpul dengan baik.

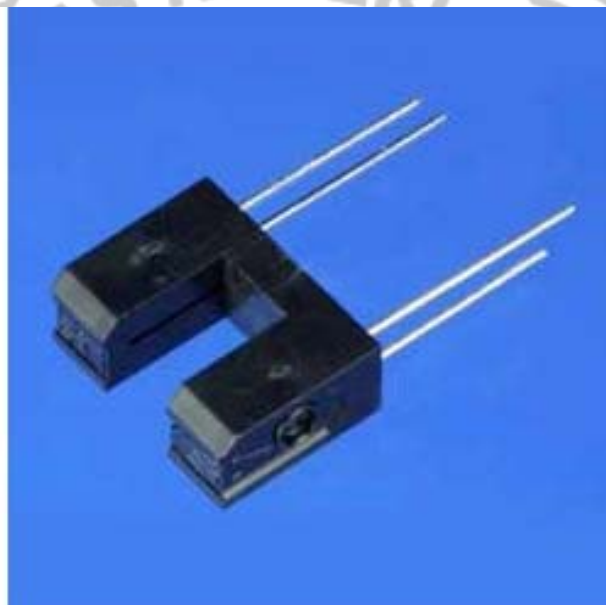
Desain eksperimen merupakan suatu rancangan percobaan (dengan tiap langkah yang benar-benar terdefinisi) sedemikian sehingga informasi yang berhubungan dengan atau diperlukan untuk persoalan yang sedang diteliti dapat dikumpulkan. (Sudjana,2002).

B. Perancangan Alat *Distributorless Ignition*

Pada penelitian ini menggunakan mesin 4E-FTE. Pada mesin ini menggunakan sistem pengapian distributor. Peneliti merubah sistem pengapian standar 4E-FTE dengan sistem pengapian *distributorless*. Distributor dalam mesin ini difungsikan sebagai sensor pengatur posisi pengapian pada tiap silinder.

Sedangkan pembagian arus ke masing – masing *ignition coil* dibagi oleh *solid state relay*.

Sebagai sensor penentu posisi pengapian ke tiap silinder digunakan *opto transistor* model u. Sensor akan tidak aktif ketika ada benda yang menghalangi antara sensor dengan sumber cahaya. Penghalang yang digunakan adalah plat rotor yang dipasang pada distributor.



Gambar 3.1 . *Opto transistor* model u.

Pada rangkaian *solid state relay* bertugas menghantarkan arus IGT dan arus IGF. Maka dalam rangkaian ini terdapat SCR sebagai saklar elektronik. SCR akan diaktifkan oleh *opto isolator* yang mengisolasi arus dari *opto transistor* dan arus SCR.

Cara kerja rangkaian ini adalah ketika *opto transistor* yang diletakkan pada distributor terhalang oleh plat rotor maka arus yang mengalir keluar akan

terputus, kemudian diterima oleh rangkaian pengolah sinyal. Penempatannya tepat sejajar dengan rotor dan posisi dari keempat sensor ini berjarak 90° . Dan patokan penempatannya adalah saat rotor menunjuk pada pengapian silinder no 1.



Gambar 3.2. Plat rotor dan penempatan *optotransistor* pada dudukannya.

Pada rangkaian pengolah sinyal akan memberikan arus kepada *solid state relay* sesuai dengan posisi silinder sesuai dengan arah rotor. Arus dari IGT dari *igniter* akan menuju SCR dan diteruskan ke *ignition coil*, arus IGF akan diterima oleh igniter dari *ignition coil*.



Gambar 3.3Rangkaianelektronik*Distributorless Ignition*.

C. Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

A. Alat-alat dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Mesin Starlet GT Turbo 4E-FTE.

Spesifikasi mesin mobil yang akan digunakan sebagai bahan pengujian adalah sebagai berikut:

Jenis mesin	:	4E-FTE L4
Kapasitas	:	1331cc
Sistem bahan bakar	:	EFI

Jenis turbo	:	Toyota ct-9
Tekanan turbo	:	0.40bar dan 0.65 bar
Rasio kompresi	:	8.2:1
Diameter x langkah	:	74 x 77.4 mm
Kapasitas injektor	:	4 x 295cc/min

2. Rangkaian *distributorless ignition* beserta dengan 2 buah *ignition coil*.

Sedangkan alat yang digunakan adalah :

1. Alat uji emisi HORIBA seri MEXA-554J.



Gambar 3.4 . Alat uji emisi HORIBA seri MEXA-554J.

D. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian akan dilaksanakan sebagai berikut :

1. Proses perakitan mesin 4E-FTE dilakukan di laboratorium otomotif UNNES.

2. Proses pembuatan alat *distributorless ignition* dilakukan di Indoware, Gunung Pati, Semarang.
3. Proses pemasangan alat *distributorless ignition* dilakukan di Laboratorium Otomotif UNNES.
4. Proses pengujian emisi dilakukan di Dinas Perhubungan Pariwisata Kebudayaan Komunikasi dan Informatika Kabupaten Blora.

E. Prosedur Penelitian

1. Persiapan
 - a. Perakitan mesin

Mesin 4E-FTE dibuat menjadi *engine stand* tanpa dilengkapi dengan transmisi, dan ac.



Gambar 3.5. *Engine stand* 4E-FTE

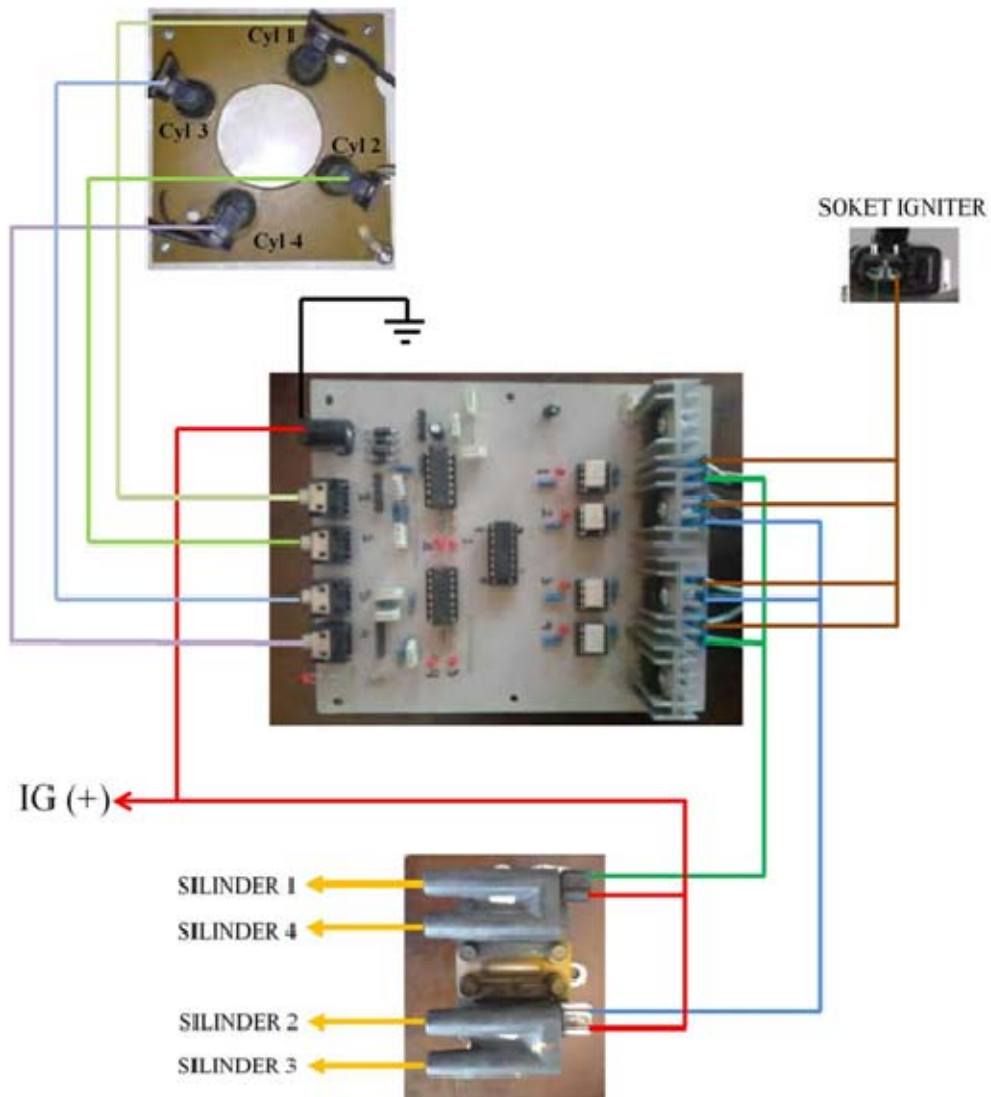
2. Pelaksanaan
 - a. Proses pemasangan alat *distributorless ignition*

Copot tutup distributor dan pasang sensor alat *distributorless ignition*. Sensor berupa opto transistor yang

ditempatkan pada distributor, penempatannya menggunakan mur yang ditempatkan pada lubang pengikat tutup distributor. Sebagai pemacu, rotor digantikan dengan plat rotor. Plat rotor dipasang pada tempat rotor dengan menggunakan baut sebagai penghubung. Dalam penyetulan celah antara sensor dengan platrotor harus terdapat jarak bebas yang cukup sehingga tidak terjadi gesekan antar komponen.



Gambar 3.6. Pemasangan sensor *Opto transistor* pada distributor.



Gambar 3.7. Skema pemasangan *distributorless ignition*.

b. Proses pengujian emisi

Pengujian emisi ini dengan menggunakan alat HORIBA seri MEXA-554J. Pengujian dilakukan dua kali. Satu kali pengujian pada mesin standar tanpa modifikasi dan satu kali pengujian pada mesin yang memakai *distributorless ignition*.

Pengambilan sampel emisi dilakukan dengan langkah sebagai berikut :

- a. Nyalakan mesin, jika mesin mencapai suhu kerja ditandai dengan menyalanya kipas radiator berarti mesin siap dilakukan pengujian.
 - b. Lakukan percepatan pada mesin secara mendadak sebanyak dua kali dan biarkan mesin dalam keadaan stasioner.
 - c. Kemudian menyalakan alat uji emisi, tunggu sampai alat uji siap ditandai dengan munculnya pilihan pengujian. Pilih *measurement* dari *GAS ANALYSYS* menu, pilih *STANDART TEST* dari *TEST SELECTION* menu.
 - d. Masukkan pipa sensor emisi ke dalam knalpot sedalam 300 mm. Kemudian tekan *enter* untuk pengujian.
 - e. Tunggu beberapa saat sampai alat uji menampilkan hasil uji.
 - f. Pilih *print* untuk mencetak hasil uji emisi.
3. Teknik pengambilan data

Data yang diambil adalah hasil gas yang dihasilkan oleh mesin berupa CO, CO₂, HC, λ , AFR. Kemudian dimasukkan dalam lembar pengamatan.

Tabel3.1. Lembar pengamatan tes emisi mesin 4E-FTE

Putaran Mesin (rpm)	CO2(%vol)	CO(%vol)	HC(ppmvol)	lambda (λ)	AFR
800					
1600					
2400					
3200					

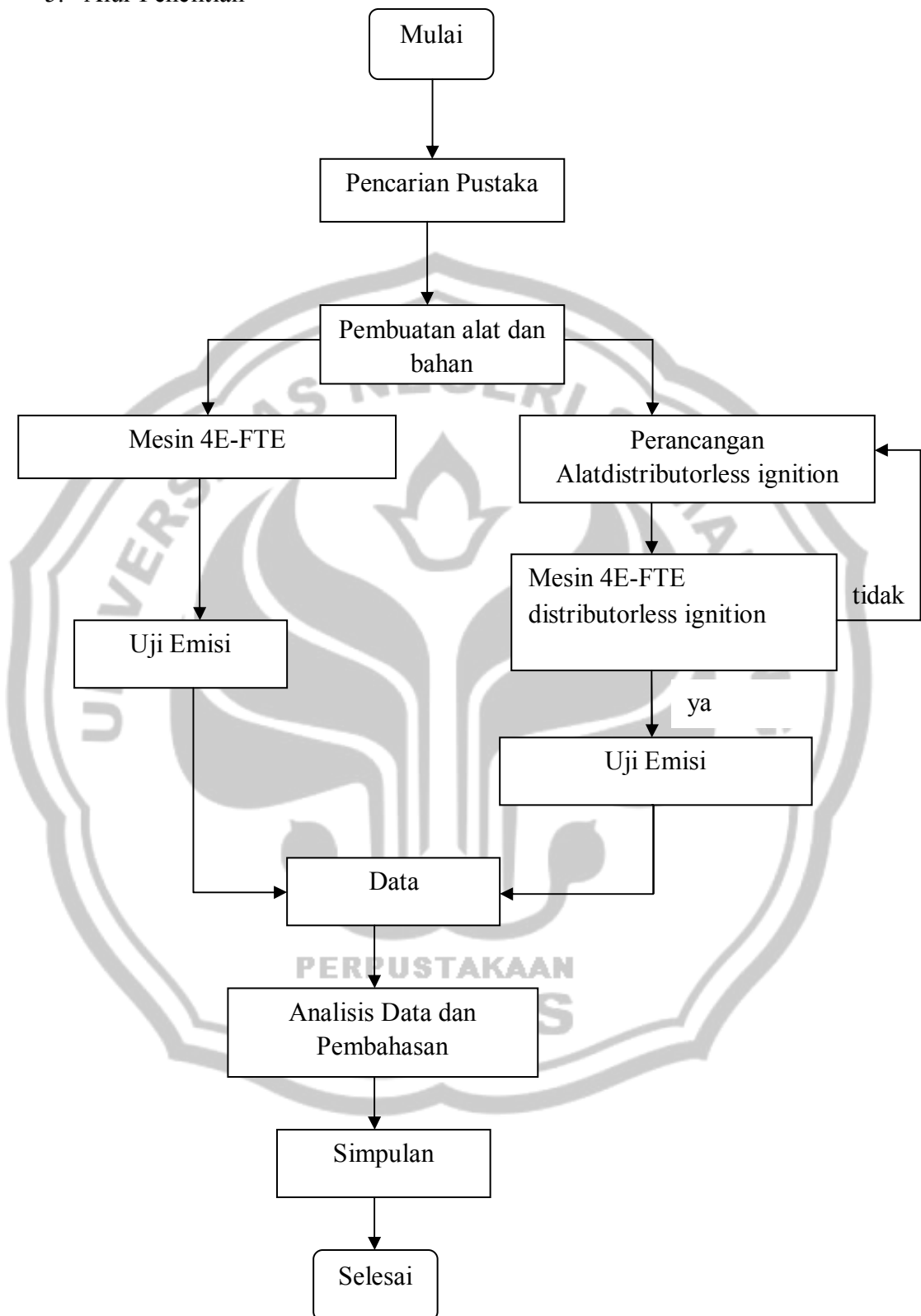
4. Analisis Data

1. Analisis Deskriptif

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis deskriptif. Statistik deskriptif adalah statistik yang berfungsi untuk mendeskripsikan atau memberikan gambaran terhadap obyek yang diteliti melalui data sampel atau populasi sebagaimana adanya, tanpa melakukan analisis dan membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum (Sugiyono,2007:29). Jadi pada penelitian ini peneliti membandingkan hasil pengujian emisi antara mesin 4E-FTE keadaan standar dengan mesin 4E-FTE yang sudah dimodifikasi sistem pengapiannya dengan sistem *distributorless ignition*.

Data hasil pengujian emisi antara mesin 4E-FTE keadaan standar dengan mesin 4E-FTE yang sudah dimodifikasi sistem pengapiannya dengan sistem *distributorless ignition* dibuat dalam diagram batang.

5. Alur Penelitian



Gambar 3.8 . Alur Penelitian.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. HASIL PENELITIAN

Pada penelitian ini hasil uji emisi gas buang mesin 4E-FTE dengan menggunakan alat uji HORIBA seri MEXA-554J. Datayang diperoleh berupa data numerik, jadi dapat langsung mengetahui seberapa besar emisi gas buang yang dihasilkan oleh mesin yang diuji.

Pengolahan data hasil pengujian, penulis melakukan dua kali pengujian, pengujian pertama dengan mesin 4E-FTE standar, pengujian dilakukan dalam putaran mesin 800 rpm, 1600 rpm, 2400 rpm,dan 3200 rpm. Pengujian kedua dengan mesin 4E-FTE yang menggunakan *distributorless ignition*, pengujian dilakukan dalam putaran mesin 800 rpm, 1600 rpm, 2400 rpm,dan 3200 rpm. Selanjutnya data tersebut dibandingkan dan dibuat dalam bentuk diagram batang kemudian dicari besar perubahannya.

Hasil tes mesin 4E-FTE standart.

Putaran Mesin (rpm)	CO2# (%vol)	CO (%vol)	HC (ppmvol)	Lambda	AFR
800	11,76	0,23	316	1.28	18
1600	14,24	0,23	176	1.04	15,2
2400	15	0,9	127	0.95	13,9
3200	13,5	0,27	127	1.08	15,8

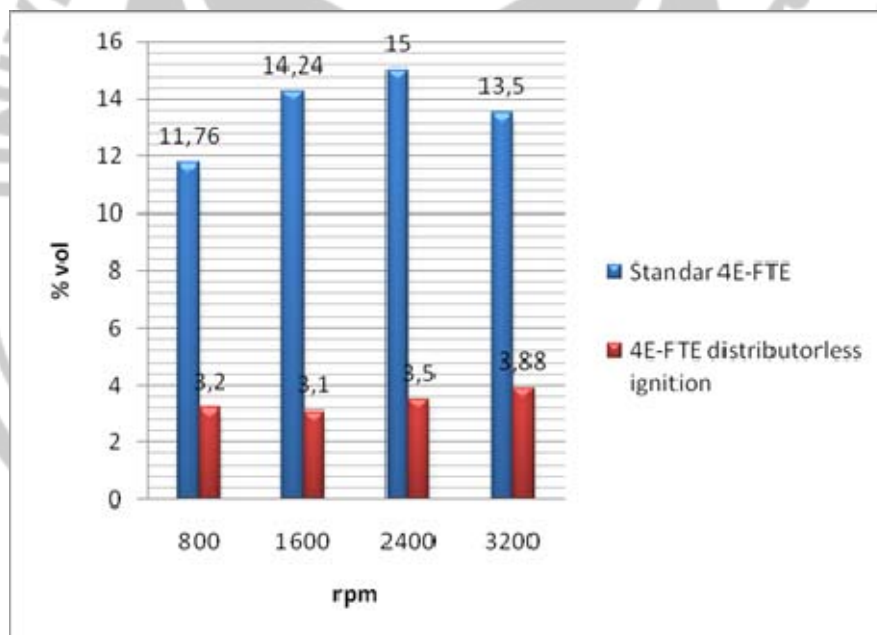
Tabel 4.1. Hasil tes mesin 4E-FTE standart.

Hasil tes emisi mesin 4E-FTE dengan perubahan sistem pengapian distributorless.

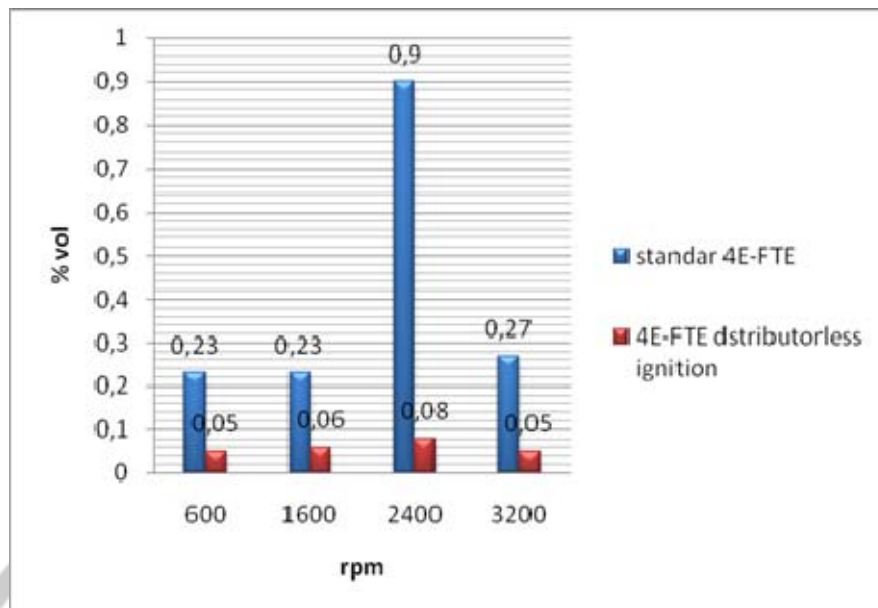
Putaran Mesin (rpm)	CO ₂ # (%vol)	CO (%vol)	HC (ppmvol)	Lambda (λ)	AFR
800	3,2	0,05	2670	2.95	43,1
1600	3,1	0,06	2750	2.97	43,4
2400	3,5	0,08	3000	2.65	38,7
3200	3,88	0,05	3350	2.4	35,1

Tabel 4.2. Hasil tes emisi mesin 4E-FTE dengan perubahan sistem pengapian distributorless

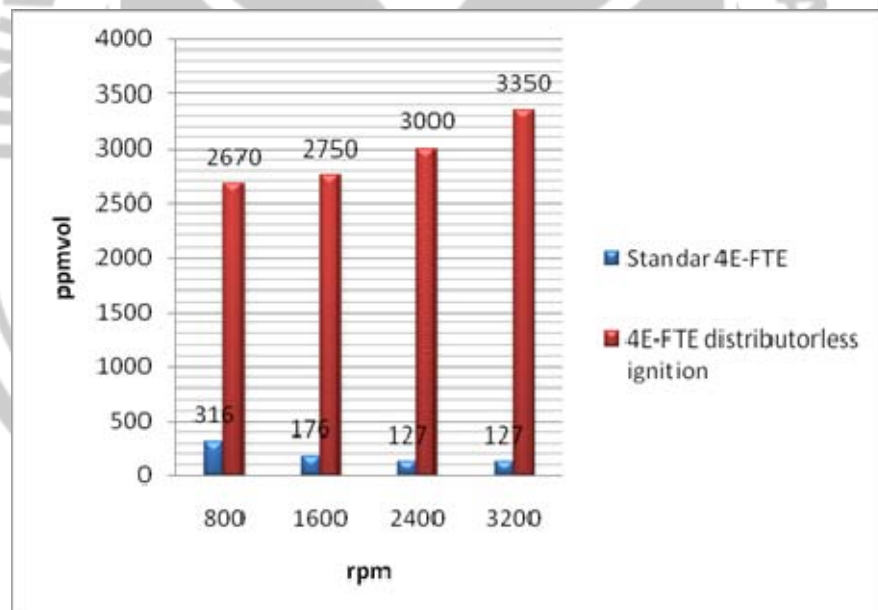
Berdasarkan hasil tes emisi dapat digambarkan dengan diagram batang sebagai berikut :



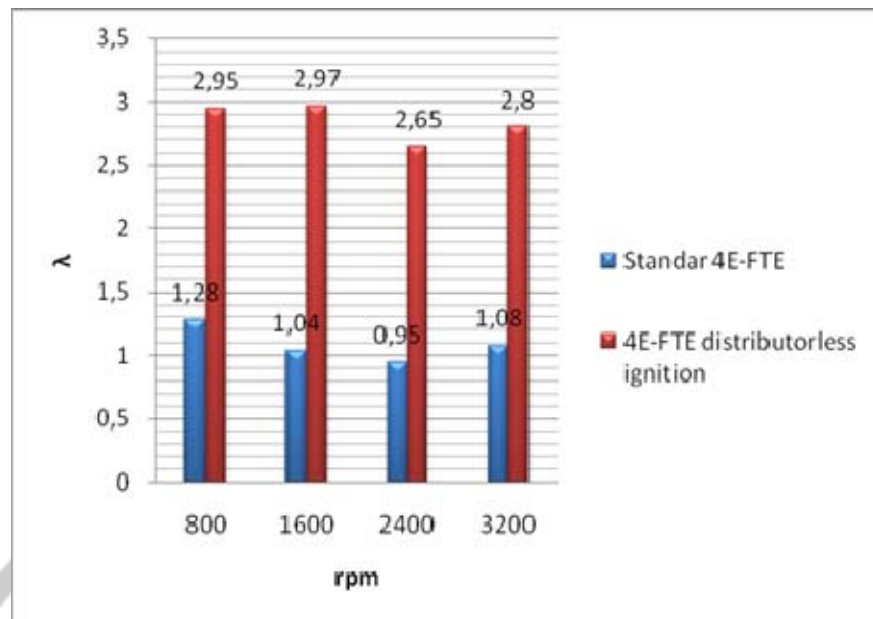
Gambar 4.1. Diagram hasil uji CO₂.



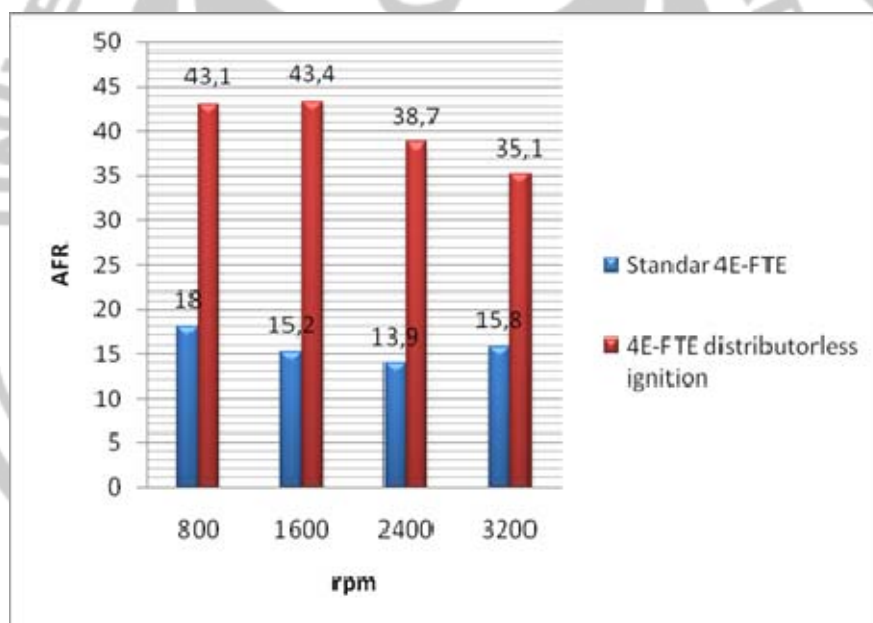
Gambar 4.2. Diagram hasil uji CO.



Gambar 4.3. Diagram hasil uji HC.



Gambar 4.4. Diagram hasil uji lambda.



Gambar 4.5. Diagram hasil uji AFR.

B. PEMBAHASAN

Pada HORIBA seri MEXA-554J, data yang dihasilkan hanya berupa data CO₂ dalam %vol, CO dalam % vol, HC dalam ppmv, AFR, λ dan putaran mesin

dalam rpm. Data emisi gas buang diperoleh dari pembacaan monitor, sedangkan putaran mesin diperoleh dari pembacaan *tachometer*.

Data yang dihasilkan berupa data numerik yang dapat dilihat langsung emisi gas buang yang dihasilkan oleh mesin yang diuji. Dari data numerik, kemudian dibuat data yang berupa diagram batang. Jadi data hasil penelitian dari tiap-tiap pengujian emisi gas buang mesin dapat dilihat langsung.

1. Analisis perbedaan emisi gas buang(CO₂) mesin antara hasil pengujian mesin 4E-FTE standar dan mesin 4E-FTE menggunakan distributorless ignition pada putaran mesin 800 rpm, 1600 rpm, 2400 rpm, 3200 rpm.

- a. Pada pengujian dengan putaran mesin 800 rpm, hasil uji emisi CO₂ mesin 4E-FTE standar sebesar 11,76 %vol. Kemudian hasil uji mesin 4E-FTE distributorless ignition emisi CO₂ sebesar 3,2 %vol. Terjadi penurunan kadar CO₂ sebesar 8,5 %vol.
- b. Pada pengujian dengan putaran mesin 1600 rpm, hasil uji emisi CO₂ mesin 4E-FTE standar sebesar 14,24 %vol. Kemudian hasil uji mesin 4E-FTE distributorless ignition emisi CO₂ sebesar 3,1 %vol. Terjadi penurunan kadar CO₂ sebesar 11,14 %vol.
- c. Pada pengujian dengan putaran mesin 2400 rpm, hasil uji emisi CO₂ mesin 4E-FTE standar sebesar 15 %vol. Kemudian hasil uji mesin 4E-FTE distributorless ignition emisi CO₂ sebesar 3,5 %vol. Terjadi penurunan kadar CO₂ sebesar 11,5 %vol.

- d. Pada pengujian dengan putaran mesin 3200 rpm, hasil uji emisi CO₂ mesin 4E-FTE standar sebesar 13,5 %vol. Kemudian hasil uji mesin 4E-FTE *distributorless ignition* emisi CO₂ sebesar 3,88 %vol. Terjadi penurunan kadar CO₂ sebesar 9.62 %vol.

Pada mesin 4E-FTE standar kadar emisi CO₂ dibandingkan dengan kadar emisi CO₂ mesin 4E-FTE dengan perubahan sistem *distributorless ignition* terjadi penurunan pada tiap putaran mesin. Penurunan ini mengindikasikan pembakaran bahan bakar dan udara tidak terbakar seluruhnya. Hal ini dimungkinkan karena voltase *ignition coil* yang dihasilkan oleh *ignition coil Mitsubishi T120SS* kurang besar dibandingkan dengan *ignition coil* pada saat pengujian mesin standar.

2. Analisis perbedaan emisi gas buang(CO) mesin antara hasil pengujian mesin 4E-FTE standar dan mesin 4E-FTE menggunakan *distributorless ignition* pada putaran mesin 800 rpm, 1600 rpm, 2400 rpm, 3200 rpm.

- a. Pada pengujian dengan putaran mesin 800 rpm, hasil uji emisi CO mesin 4E-FTE standar sebesar 0,23 %vol. Kemudian hasil uji mesin 4E-FTE *distributorless ignition* emisi CO sebesar 0,05 %vol. Terjadi penurunan kadar CO sebesar 0,18 %vol.
- b. Pada pengujian dengan putaran mesin 1600 rpm, hasil uji emisi CO mesin 4E-FTE standar sebesar 0,23 %Vol. Kemudian hasil uji mesin 4E-FTE *distributorless ignition* emisi CO sebesar 0,06 %Vol. Terjadi penurunan kadar CO sebesar 0,17 %vol.

- c. Pada pengujian dengan putaran mesin 2400 rpm, hasil uji emisi CO mesin 4E-FTE standar sebesar 0,90 %vol. Kemudian hasil uji mesin 4E-FTE *distributorless ignition* emisi CO sebesar 0,08 %vol. Terjadi penurunan kadar CO sebesar 0,82 %vol.
- d. Pada pengujian dengan putaran mesin 3200 rpm, hasil uji emisi CO mesin 4E-FTE standar sebesar 0,27 %vol. Kemudian hasil uji mesin 4E-FTE *distributorless ignition* emisi CO sebesar 0,05 %vol. Terjadi penurunan kadar CO sebesar 0,22 %vol.

Pada mesin 4E-FTE standar kadar emisi CO dibandingkan dengan kadar emisi CO mesin 4E-FTE dengan perubahan sistem *distributorless ignition* terjadi penurunan pada tiap putaran mesin. Penurunan ini dimungkinkan karena pembakaran udara bahan bakar dalam kondisi lebih banyak udara dari keadaan normal. Hal ini sejalan dengan pendapat (Mathur dan Sharma.1980:621) bahwa penurunan kadar CO dapat dikarenakan campuran bahan bakar-udara yang perbandingannya lebih dari 16:1.

3. Analisis perbedaan emisi gas buang(HC) mesin antara hasil pengujian mesin 4E-FTE standar dan mesin 4E-FTE menggunakan *distributorless ignition* pada putaran mesin 800 rpm, 1600 rpm, 2400 rpm, 3200 rpm.

- a. Pada pengujian dengan putaran mesin 800 rpm, hasil uji emisi HC mesin 4E-FTE standar sebesar 316ppmvol. Kemudian hasil uji mesin 4E-FTE *distributorless ignition* emisi HC sebesar 2670ppmvol. Terjadi kenaikan kadar HC sebesar 2354 ppmvol.

- b. Pada pengujian dengan putaran mesin 1600 rpm, hasil ujiemisi HCmesin 4E-FTE standar sebesar 176ppmvol. Kemudian hasil uji mesin 4E-FTE*distributorless ignition*emisi HC sebesar2750ppmvol. Terjadi kenaikan kadar HC sebesar 2574 ppmvol.
- c. Pada pengujian dengan putaran mesin 2400 rpm, hasil ujiemisi HCmesin 4E-FTE standar sebesar 127ppmvol. Kemudian hasil uji mesin 4E-FTE*distributorless ignition*emisi HC sebesar3000ppmvol. Terjadi kenaikan kadar HC sebesar 2873 ppmvol.
- d. Pada pengujian dengan putaran mesin 3200 rpm, hasil ujiemisi HCmesin 4E-FTE standar sebesar 127ppmvol. Kemudian hasil uji mesin 4E-FTE*distributorless ignition*emisi HC sebesar3350ppmvol. Terjadi kenaikan kadar HC sebesar 3223 ppmvol.

Pada mesin 4E-FTE standar kadar emisi HCdibandingkan dengan kadar emisi HCmesin 4E-FTE dengan perubahan sistem *distributorless ignition* terjadi kenaikan pada tiap putaran mesin. kenaikan ini dimungkinkan karena pembakaran udara bahan bakar dalam kondisi lebih banyak udara dari keadaan normal. Serta bunga api yang dihasilkan pada mesin 4E-FTE dengan *distributorless ignition* kurang mampu membakar campuran udara bahan bakar dan udara.

4. Analisis perbedaan emisi gas buang lambda(λ) mesin antara hasil pengujian mesin 4E-FTE standartdanmesin 4E-FTE menggunakan *distributorless ignition* pada putaran mesin 800 rpm, 1600 rpm, 2400 rpm, 3200 rpm.

- a. Pada pengujian dengan putaran mesin 800 rpm, hasil uji lambdamesin 4E-FTE standar sebesar 1.28. Kemudian hasil uji mesin 4E-FTE *distributorless ignition* lambda sebesar 2.95. Terjadi perubahan lambda sebesar 1.67.
- b. Pada pengujian dengan putaran mesin 1600 rpm, hasil ujilambdamesin 4E-FTE standar sebesar 1.04. Kemudian hasil uji mesin 4E-FTE *distributorless ignition* lambda sebesar 2.97. Terjadi perubahan lambda sebesar 1.93.
- c. Pada pengujian dengan putaran mesin 2400 rpm, hasil uji lambdamesin 4E-FTE standar sebesar 0.95. Kemudian hasil uji mesin 4E-FTE *distributorless ignition* lambda sebesar 2.65. Terjadi perubahan lambda sebesar 1.70.
- d. Pada pengujian dengan putaran mesin 3200 rpm, hasil ujilambdamesin 4E-FTE standar sebesar 1.08. Kemudian hasil uji mesin 4E-FTE *distributorless ignition* lambda sebesar 2.40. Terjadi perubahan lambda sebesar 1.32.

Pada mesin 4E-FTE standar nilai lambda dibandingkan dengan nilai lambda(λ) mesin 4E-FTE dengan perubahan sistem *distributorless ignition* terjadi kenaikan pada tiap putaran mesin. Kenaikan ini dimungkinkan karena pembakaran udara bahan bakar dalam kondisi lebih banyak udara dari keadaan normal atau campuran bahan bakar – udara dalam kondisi kurus.

5. Analisis perbedaan emisi gas buang AFR mesin antara hasil pengujian mesin 4E-FTE standar dan mesin 4E-FTE menggunakan *distributorless ignition* pada putaran mesin 800 rpm, 1600 rpm, 2400 rpm, 3200 rpm.

- a. Pada pengujian dengan putaran mesin 800 rpm, hasil uji AFR mesin 4E-FTE standar sebesar 18. Kemudian hasil uji mesin 4E-FTE *distributorless ignition* AFR sebesar 43,1. Terjadi perubahan afr sebesar 25,1.
- b. Pada pengujian dengan putaran mesin 1600 rpm, hasil uji AFR mesin 4E-FTE standar sebesar 15,2. Kemudian hasil uji mesin 4E-FTE *distributorless ignition* AFR sebesar 43,4. Terjadi perubahan afr sebesar 28,2.
- c. Pada pengujian dengan putaran mesin 2400 rpm, hasil uji AFR mesin 4E-FTE standar sebesar 13,9. Kemudian hasil uji mesin 4E-FTE *distributorless ignition* AFR sebesar 38,7. Terjadi perubahan afr sebesar 24,8.
- d. Pada pengujian dengan putaran mesin 3200 rpm, hasil uji AFR mesin 4E-FTE standar sebesar 15,8. Kemudian hasil uji mesin 4E-FTE *distributorless ignition* AFR sebesar 35,1. Terjadi perubahan afr sebesar 19,3.

Pada mesin 4E-FTE standar nilai AFR dibandingkan dengan nilai AFR mesin 4E-FTE dengan perubahan sistem *distributorless ignition* terjadi kenaikan pada tiap putaran mesin. kenaikan ini dimungkinkan

karena pembakaran udara bahan bakar dalam kondisi lebih banyak udara dari keadaan normal atau campuran bahan bakar – udara dalam kondisi kurus.

Dari hasil analisis diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa mesin 4E-FTE dengan perubahan sistem *distributorless ignition* mengalami penurunan pada kadar emisi CO₂, CO serta terjadi kenaikan kadar emisi HCserta peningkatan perbandingan AFR, λ .

Hal ini mengindikasikan bahwa mesin dalam keadaan campuran bahan bakar udara kering, serta output voltase *ignition coil* mesin 4E-FTE dengan perubahan sistem *distributorless ignition* terlalu kecil.

6. KETERBATASAN PENELITIAN

Pengujian emisi gas buang mesin pada penelitian ini belum dapat berlangsung secara maksimal karena adanya beberapa keterbatasan menyangkut alat uji dan benda uji. Keterbatasan tersebut diantaranya adalah :

1. Mesin uji telah mengalami penurunan performa, sehingga banyak terjadi permasalahan diluar sistem pengapian yang dapat mengganggu proses penelitian.
2. Bilah turbin pada *turbocharger* mesin uji sudah aus, sehingga saat putaran mesin tinggi *turbocharger* tidak dapat berfungsi dengan baik.

3. *Injector* yang digunakan pada bahan uji lebih besar dari *injector* standart mesin 4E-FTE, hal ini menjadikan hasil pengukuran tidak bisa dijadikan barometer untuk mesin 4E-FTE yang lainnya.
4. Adanya keterbatasan pada pengukuran emisi gas buang mesin. Dalam penelitian ini, HORIBA seri MEXA-554J hanya dapat mengukur kadar CO₂, CO, HC, λ , AFR, tidak dapat mengukur kadar NO_x dan O₂.
5. *Ignition coil* Mitsubishi T120SS yang digunakan untuk mesin 4E-FTE dengan perubahan sistem *distributorless ignition* voltase outputnya kurang besar sehingga kurang dapat membakar campuran udara bahan bakar dengan sempurna.
6. Pada mesin 4E-FTE ini tidak tersedia fasilitas koneksi *scanner*, sehingga *timing* pengapian tidak dapat diset presisi mendekati awal. Pada pengujian ini penyetelan *timing* pengapian menggunakan *timing light*, sehingga dimungkinkan terjadi kesalahan penyetelan
7. Pada mesin 4E-FTE ini tidak tersedia fasilitas koneksi *scanner*, sehingga data yang masuk ke dalam *ECU* tidak dapat dicatat.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

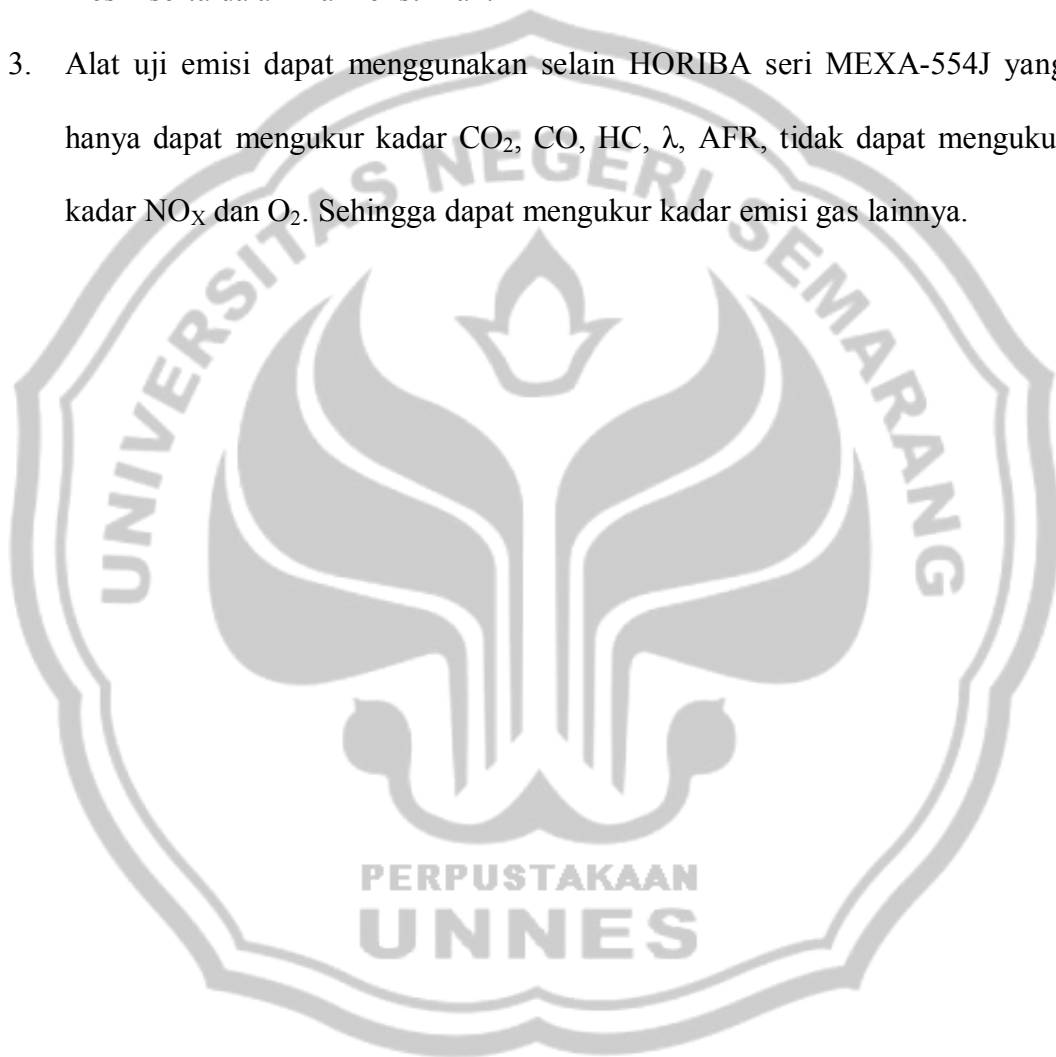
A. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan penelitian pada bab IV, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa ada pengaruh pengaplikasian *distributorless ignition* terhadap emisi gas buang mesin turbo 4E-FTE. Terjadi penurunan terhadap kadar emisi yang meliputi CO₂, CO, terjadi peningkatan kadar emisi pada HC, serta terjadi perubahan perbandingan pada Lambda dan AFR. Penurunan kadar emisi pada CO₂ mengindikasikan adanya pembakaran kurang sempurna dikarenakan output voltase *ignition coil* pada sistem pengapian *distributorless* kurang tinggi. Penurunan kadar emisi pada CO serta perubahan perbandingan pada lambda serta AFR menunjukkan campuran bahan bakar – udara pada mesin kurus. Kemudian pada HC terjadi kenaikan konsentrasi yang mengindikasikan peningkatan jumlah bahan bakar dan udara yang tidak terbakar jika dibandingkan dengan mesin 4E-FTE standar.

B. SARAN

Beberapa hal yang perlu diadakan penelitian lebih lanjut telah sedikit disinggung di dalam bab sebelumnya. Beberapa saran yang bisa dipertimbangkan dari hasil penelitian ini antara lain:

1. Untuk mengurangi kadar emisi gas buang pada mesin berbahan bakar bensin dapat menggunakan sistem *distributorless ignition*.
2. Dalam penelitian lanjut mesin uji diharapkan kondisinya dalam keadaan baik, sehingga dalam penelitian diharapkan tidak terjadi kerusakan dalam mekanik mesin serta dalam hal kelistrikan.
3. Alat uji emisi dapat menggunakan selain HORIBA seri MEXA-554J yang hanya dapat mengukur kadar CO_2 , CO, HC, λ , AFR, tidak dapat mengukur kadar NO_x dan O_2 . Sehingga dapat mengukur kadar emisi gas lainnya.



DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, Suharsimi. 1998. *Prosedur Penelitian*. Jakarta: Bineka Cipta.
- Arismunandar, Wiranto. 1973. *Motor Bakar Torak*. Bandung: ITB.
- Martyr.A.J.dan Plint.M.A. 1995. *EngineTesting Theoryand Practice*.Oxford:ElsevierLtd.
- Mathur.M.L dan Sharman.R.P.1980.*Internal Combustion Engines*.Delhi:D.R. printing service.
- Sudjana. 2002. *Desain dan Analisis Eksperimen*. Bandung: Tarsito
- Sugiyono. 2007. *Statistik Untuk Penelitian*. Bandung: CV ALFABETA
-*Manual book* HORIBA MEXA-554J.
- *Training Manual Step*.Toyota Motor Sales.USA.
- *Training Manual Step*:Hyundai.
-1994. *Training Manual Step 1*. Jakarta: PT. TOYOTA ASTRA MOTOR
- [Http://En.Wikipedia.Org/Wiki/Toyota_E_Engine](http://En.Wikipedia.Org/Wiki/Toyota_E_Engine)
- Diakses 17 Agustus 2010.



LAMPIRAN



Gambar 1. Pengecekan mesin sebelum pengujian.



Gambar 2. Pemanasan mesin sebelum pengujian.



Gambar 3. Alat uji emisi HORIBA seri MEXA-554J



Gambar 4. Probe tes.



Gambar 5. Memasukkan probe tes ke dalam knalpot.



Gambar 6. Tampilan data pada layar.

LAMPIRAN
HASIL TES EMISI MESIN 4E-FTE

Hasil tes 1. Mesin 4 E-FTE standart.

Putaran Mesin (rpm)	CO ₂ (% vol)	CO (% vol)	HC (ppmvol)	Lambda (λ)	AFR
800	11,76	0,23	316	1.28	18
1600	14,24	0,23	176	1.04	15,2
2400	15	0,9	127	0.95	13,9
3200	13,5	0,27	127	1.08	15,8

Hasil tes 2. Mesin 4E-FTE dengan perubahan sistem pengapian distributorless.

Putaran Mesin (rpm)	CO ₂ (% vol)	CO (% vol)	HC (ppmvol)	Lambda (λ)	AFR
800	3,2	0,05	2670	2.95	43,1
1600	3,1	0,06	2750	2.97	43,4
2400	3,5	0,08	3000	2.65	38,7
3200	3,88	0,05	3350	2.40	35,1

A.n KEPALA DINAS PERHUBUNGAN
PARIWISATA KEBUDAYAAN
KOMUNIKASI
DAN INFORMATIKA KABUPATEN BLORA
Kab. Bina Teknik Pengujian dan Perbengkelan



NIP. 19640615 199301 1 002