



**PENGARUH KEMIRINGAN SUDUT SUDU *AIR CYCLONE*  
TERHADAP EMISI GAS BUANG MESIN TURBO 4E-FTE**

**SKRIPSI**

**Diajukan Dalam Rangka Penyelesaian Studi Strata 1  
Untuk Mencapai Gelar Sarjana Pendidikan**

**Oleh:**

**Nama : Rudy Handoko**

**NIM : 5201406004**

**Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin**

**Jurusan : Teknik Mesin**

**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

**2011**

## ABSTRAK

**Handoko, Rudy.** 2011. *Pengaruh Kemiringan Sudut Sudu Air Cyclone Terhadap Emisi Gas Buang Mesin 4e-Fte*. Skripsi. Jurusan Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Semarang

*Air cyclone* merupakan alat tambahan yang ditempatkan sebelum saluran *intake manifold*. Pada umumnya *cyclone* terbuat dari bahan yang tahan karat (*stainless steel/aluminium*) serta mempunyai sudu-sudu yang membentuk kemiringan tertentu. Sudu-sudu tersebut berfungsi agar udara yang melewati sudu-sudu tersebut akan terbentuk pusaran sehingga percampuran bahan bakar dan udara lebih homogen dan langsung menuju pusat pembakaran pada ruang bakar. Akibatnya pembakaran akan menjadi lebih sempurna. Pembakaran yang sempurna akan membuat emisi gas buang lebih baik. Dari uraian diatas peneliti meneliti pengaruh kemiringan sudu *air cyclone* terhadap emisi gas buang mesin turbo 4e-fte. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas dan kuantitas emisi gas buang mesin turbo 4E-FTE dengan variasi kemiringan sudu *air cyclone*. Desain penelitian yang digunakan adalah *eksperiment developmental* karena pada dasarnya penelitian ini dilakukan untuk menguji suatu gejala yang dapat terukur. Khusus dalam penelitian ini dengan menekankan pada subyek uji emisi gas buang mesin. Rancangan percobaan memerlukan langkah-langkah atau tindakan yang tersusun secara sistematis sehingga informasi yang diperlukan untuk menjawab permasalahan yang diteliti dapat terkumpul dengan baik. Terdapat pengaruh pengaplikasian *air cyclone* dengan sudut kemiringan sudu  $10^0$ ,  $20^0$ ,  $30^0$  terhadap emisi gas buang mesin turbo 4E-FTE. Dengan menggunakan *air cyclone*  $30^0$  emisi gas buang yang dihasilkan lebih baik daripada menggunakan *air cyclone*  $10^0$ ,  $20^0$ . Saran perlu dilakukan pengujian dengan menggunakan mesin yang masih baru, sehingga dapat diketahui emisi gas buang mesin yang belum mengalami penurunan performa, Perlu dilakukan penyempurnaan pada kipas pendingin radiator supaya saat pengujian suhu mesin tidak cepat panas, Perlu dilakukan penyempurnaan pada *turbocharger* agar hasil pengukuran emisi gas buang lebih valid, Perlu diadakan kajian lebih lanjut dengan menggunakan *injector* standart mesin 4E-FTE supaya didapat hasil pengukuran yang lebih valid, dan Perlu diadakan kajian lebih lanjut tentang pengaplikasian *air cyclone* terhadap emisi gas buang mesin turbo 4E-FTE karena alat uji emisi gas buang yang digunakan pada penelitian ini kurang lengkap sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut menggunakan alat uji emisi gas buang yang lebih lengkap pengukurannya.

Kata kunci : Sudut Sudu, *Air Cyclone*, Emisi Gas Buang

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Rudy Handoko

NIM : 5201406004

Program studi : Teknik Mesin

Judul : Pengaruh Kemiringan Sudut Sudu *Air Cyclone* Terhadap Emisi Gas Buang Mesin Turbo 4E-FTE

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

### Panitia Ujian

Ketua = Drs. Wirawan Sumbodo, MT ( )  
NIP.196601051990021002

Sekretaris = Wahyudi, S.Pd, M.Eng ( )  
NIP.198003192005011001

Pembimbing I = Karnowo, ST, MT ( )  
NIP.197706062005011001

Pembimbing II = Dony Hidayat A, ST, MT ( )  
NIP.197706222006041001

Penguji Utama = Drs. Agus S, MPd ( )  
NIP. 195411161984031001

Penguji Pendamping I = Karnowo, ST, MT ( )  
NIP.197706062005011001

Penguji Pendamping II = Dony Hidayat A, ST, MT ( )  
NIP.197706222006041001

Ditetapkan di Semarang  
Tanggal

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Teknik

Drs. Abdurrahman, M.Pd  
NIP. 196009031985031002

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

### MOTTO

1. Jadilah orang yang sabar agar selalu mendapatkan jalan saat mendapat masalah. Sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar (Al Baqarah: 153)
2. Semangat, usaha, kerja keras dan do'a merupakan kunci utama dalam meraih kesuksesan maka Bahagiakanlah orang tuamu, saudaramu, teman-temanmu dan orang yang berada disekelilingmu..
3. Sesungguhnya dibalik setiap kesulitan terdapat banyak kemudahan (Al Insyiroh: 6)

### PERSEMBAHAN

1. Bapak dan Ibu tercinta yang membiayai kuliahku dengan segala pengorbanan dan keikhlasannya serta senantiasa memberikan limpahan do'a dan kasih sayang tiada henti.
2. Adik-adikku yang tersayang.
3. Teman-teman yang senantiasa memotifasi dan mendukungku.
4. Anak-anak kontrakan yang selalu bisa membuat bahagia.

## KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang dengan rahmat, taufik dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “*Pengaruh Kemiringan Sudut Sudu Air Cyclone Terhadap Emisi Gas Buang Mesin Turbo 4E-FTE*”.

Penulis yakin bahwa keberhasilan di dalam menyelesaikan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dekan Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang
2. Ketua Jurusan Teknik Mesin, Universitas Negeri Semarang
3. Karnowo S.T, M.T Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, arahan dan motivasi dalam penyusunan skripsi ini.
4. Dony Hidayat Al Janan Dosen Pembimbing II yang juga telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, arahan dan motivasi dalam penyusunan skripsi ini.
5. Drs. Agus S, MPd Dosen Penguji netral yang telah banyak memberikan saran dan masukan.
6. Teman-temanku seperjuangan PTM '06 dan PTM '05 Fakultas Teknik, UNNES yang selalu membantu dan mendukung.
7. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu hingga terselesaikannya karya ini.

Penulis menyadari sepenuhnya, bahwa penyusunan skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh sebab itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk memperbaiki apa-apa demi kesempurnaan skripsi ini.

Ketidaktepatan penulisan ini disebabkan oleh keterbatasan penulis, namun besar harapan penulis semoga skripsi ini dapat berguna bagi penulis serta pembaca dan bagi yang memerlukannya.

Semarang, April 2011

Penulis



## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
ABSTRAK .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR DIAGRAM GRAFIK.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	2
C. Batasan Masalah.....	3
D. Penegasan Istilah.....	3
E. Tujuan.....	6
F. Manfaat.....	6
BAB II LANDASAN TEORI DAN KERANGKA BERFIKIR .....	7
A. Landasan Teori .....	7
1. Mesin Turbo 4E-FTE.....	7
2. Emisi .....	10
3. Air Cyclone.....	13

B. Kerangka Berfikir.....	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	18
A. Desain Penelitian.....	18
B. Variabel Penelitian .....	18
C. Alat dan Bahan .....	19
D. Waktu dan Tempat Penelitian .....	20
E. Alur Penelitian.....	21
F. Prosedur Penelitian.....	22
G. Analisis Data .....	24
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....	26
A. Hasil Penelitian .....	26
B. Pembahasan.....	35
1. Analisis emisi gas buang mesin antara hasil pengujian mesin tanpa menggunakan <i>air cyclone</i> /standart dengan mesin yang telah menggunakan <i>air cyclone</i> terhadap AFR ( <i>air fuel ratio</i> ).....	35
2. Analisis Emisi Gas Buang Mesin Antara Hasil Pengujian Mesin Tanpa Menggunakan <i>Air Cyclone</i> /Standar Dengan Mesin Dengan Mesin Yang Telah Menggunakan <i>Air Cyclone</i> .....	37
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	39
A. Kesimpulan.....	39
B. Saran.....	39
DAFTAR PUSTAKA .....	41
LAMPIRAN.....	42

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Sensor tekan <i>manifold</i> .....	8
Gambar 2. <i>Turbocharger</i> .....	8
Gambar 3. Sistem kerja <i>turbocharger</i> .....	9
Gambar 4. Alat <i>air cyclone</i> kemiringan sudut sudu $10^{\circ}$ .....	14
Gambar 5. Alat <i>air cyclone</i> kemiringan sudut sudu $20^{\circ}$ .....	14
Gambar 6. Alat <i>air cyclone</i> kemiringan sudut sudu $30^{\circ}$ .....	14
Gambar 7. Alat <i>air cyclone</i> .....	15
Gambar 8. Penempatan <i>air cyclone</i> .....	16
Gambar 9. Siklus aliran udara dengan <i>air cyclone</i> .....	16
Gambar 10. Alur penelitian .....	21
Gambar 11. Alat uji emisi Horiba Automotive Analyzer seri mexa-554J .....	23

## DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 1. Kadar emisi gas buang kendaraan bermotor yang diijinkan oleh pemerintah .....	13
Tabel 2. Lembar pengamatan uji emisi gas buang .....	25
Tabel 3. Emisi Gas Buang Mesin tanpa menggunakan <i>air cyclone</i> dari hasil Pengujian Menggunakan Horiba <i>Automotive Analyzer</i> seri mexa-554J .....	26
Tabel 4. Emisi Gas Buang Mesin menggunakan <i>air cyclone</i> 10 <sup>0</sup> dari hasil Pengujian Menggunakan Horiba <i>Automotive Analyzer</i> seri mexa-554J .....	27
Tabel 5. Emisi Gas Buang Mesin menggunakan <i>air cyclone</i> 20 <sup>0</sup> dari hasil Pengujian Menggunakan Horiba <i>Automotive Analyzer</i> seri mexa-554J .....	27
Tabel 6. Emisi Gas Buang Mesin menggunakan <i>air cyclone</i> 30 <sup>0</sup> dari hasil Pengujian Menggunakan Horiba <i>Automotive Analyzer</i> seri mexa-554J .....	27

## DAFTAR DIAGRAM GRAFIK

Halaman

Diagram grafik 1. Perbandingan emisi gas buang CO <sub>2</sub> , CO, HC mesin tanpa <i>air cyclone</i> terhadap AFR.....	28
Diagram grafik 2. Perbandingan emisi gas buang CO <sub>2</sub> , CO, HC mesin menggunakan <i>air cyclone</i> 10 <sup>0</sup> terhadap AFR.....	29
Diagram grafik 3. Perbandingan emisi gas buang CO <sub>2</sub> , CO, HC mesin menggunakan <i>air cyclone</i> 20 <sup>0</sup> terhadap AFR.....	30
Diagram grafik 4. Perbandingan emisi gas buang CO <sub>2</sub> , CO, HC mesin menggunakan <i>air cyclone</i> 30 <sup>0</sup> terhadap AFR.....	31
Diagram grafik 5. Perbandingan emisi gas buang CO <sub>2</sub> mesin tanpa <i>air cyclone</i> dengan mesin yang telah ditambahkan <i>air cyclone</i> 10 <sup>0</sup> , 20 <sup>0</sup> , 30 <sup>0</sup> .....	32
Diagram grafik 6. Perbandingan emisi gas buang CO mesin tanpa <i>air cyclone</i> dengan mesin yang telah ditambahkan <i>air cyclone</i> 10 <sup>0</sup> , 20 <sup>0</sup> , 30 <sup>0</sup> .....	33
Diagram grafik 7. Perbandingan emisi gas buang HC mesin tanpa <i>air cyclone</i> dengan mesin yang telah ditambahkan <i>air cyclone</i> 10 <sup>0</sup> , 20 <sup>0</sup> , 30 <sup>0</sup> .....	34

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Foto Alat Horiba <i>Automotive Analyzer</i> seri mexa-554J .....	42
Lampiran 2. Foto <i>Engine stand</i> mesin Starlet GT Turbo EFI 4E-FTE .....	43
Lampiran 3. Foto pengujian emisi gas buang .....	44
Lampiran 4. Surat Penelitian.....	45



# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. LATAR BELAKANG

Pada masa sekarang ini teknologi maupun ilmu pengetahuan berkembang dengan sangat cepat. Seperti diketahui bahwa teknologi-teknologi baru bermunculan. Semakin pesatnya perkembangan teknologi tersebut manusia dituntut untuk menemukan suatu teknologi yang dapat memecahkan masalah dunia yang paling besar saat ini yaitu mengenai krisis energi yang tidak dapat diperbarui serta pencemaran udara yang berdampak buruk terhadap bumi.

Dunia otomotif bergantung pada bahan bakar minyak dan untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar minyak, maka dunia otomotif akan terus melakukan pengembangan untuk mendapatkan pemanfaatan energi bahan bakar minyak yang sebesar mungkin dan tidak mengurangi performa mesin serta untuk mendapatkan hasil emisi gas buang yang lebih ramah lingkungan yang dapat mengurangi pencemaran udara.

Banyak penelitian-penelitian dilakukan untuk meningkatkan performa motor bakar dengan penghematan bahan bakar dan menghasilkan emisi gas buang yang rendah. Penemuan-penemuan baru tidak sepenuhnya merupakan penemuan yang benar-benar baru tetapi merupakan pengembangan dari penemuan-penemuan terdahulu atau penyempurnaan dari penemuan terdahulu atau hanya menambahkan alat-alat tambahan tanpa harus merubah konstruksi mesin yang sudah ada. *Air cyclone* merupakan salah satu alat yang

bisa digunakan untuk meningkatkan performa dan dapat menghasilkan emisi gas buang yang baik.

*Air cyclone* merupakan alat tambahan yang ditempatkan sebelum saluran *intake manifold*. Pada umumnya *cyclone* terbuat dari bahan yang tahan karat (*stainless steel/aluminium*) serta mempunyai sudu-sudu yang membentuk kemiringan tertentu. Sudu-sudu tersebut berfungsi agar udara yang melewati sudu-sudu tersebut akan terbentuk pusaran sehingga percampuran bahan bakar dan udara lebih homogen dan langsung menuju pusat pembakaran pada ruang bakar. Akibatnya pembakaran akan menjadi lebih sempurna.

Pembakaran yang sempurna akan membuat emisi gas buang lebih baik. Jika percampuran bahan bakar dan udara yang terjadi tidak sempurna maka banyak campuran bahan bakar dan udara terbuang keluar sehingga emisi gas buang menjadi buruk. Kandungan emisi gas buang itu sendiri berupa HC (senyawa hidrokarbon), gas CO (karbon monoksida), CO<sub>2</sub> (karbon dioksida), dan NO<sub>x</sub> (senyawa nitrogen oksida).

Dari uraian diatas penulis mencoba untuk mengadakan penelitian dengan judul “ PENGARUH KEMIRINGAN SUDU *AIR CYCLONE* TERHADAP EMISI GAS BUANG MESIN TURBO 4E-FTE ”.

## **B. RUMUSAN MASALAH**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah berapa besar pengaruh kemiringan sudu *air cyclone* terhadap emisi gas buang mesin turbo 4E-FTE.

### C. BATASAN MASALAH

Dalam penelitian ini permasalahan akan dibatasi :

1. Emisi gas buang yang dibahas adalah emisi gas buang yang belum ditambahkan *air cyclone* dengan emisi gas buang yang sudah ditambahkan *air cyclone*.
2. Variasi kemiringan sudut sudu air cyclone yang digunakan sebesar 10°, 20°, 30°.
3. Putaran mesin yang digunakan dalam penelitian ini adalah 800 rpm, 1600 rpm, 2400 rpm, dan 3200 rpm

### D. 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 air cyclone terhadap emisi gas buang mesin turbo 4E-FTE.

#### 2. Sudu

Menurut kamus besar Bahasa Indonesia 2008, sudu adalah daun mekanis dari suatu roda gerak turbin yg dijalankan oleh air, uap, atau angin.

### 3. Kemiringan

Menurut kamus besar Bahasa Indonesia 2008, kemiringan adalah sudut yang terbentuk oleh perpotongan antara bidang datar yang dihitung berdasarkan bidang vertikal dng menggunakan derajat.

### 4. *Air cyclone*

*Cyclone* merupakan alat tambahan yang ditempatkan pada saringan udara sebelum masuk ke karburator dan juga yang diletakkan pada saluran *intake manifold* sesuai dengan jumlah silinder yang ada pada motor bensin / diesel. Pada umumnya *cyclone* terbuat dari bahan yang tahan karat (*stainless steel/aluminium*) serta mempunyai sudu-sudu membentuk kemiringan tertentu, dimana sudu-sudu tersebut berfungsi agar udara yang melewati sudu-sudu tersebut membentuk pusaran sehingga percampuran bahan bakar dan udara lebih homogen. Akibatnya pembakaran menjadi lebih sempurna sehingga dapat menaikkan performa dan menghasilka emisi gas buang yang lebih baik.

(<http://digilib.petra.ac.id>).

### 5. Emisi gas buang

Merupakan hasil dari pembakaran dari campuran bahan bakar dan udara, yang menghasilkan pembakaran yang sempurna dan tidak sempurna.

Hasil pembakaran yang sempurna meliputi :  $N_2$  ,  $H_2O$ ,  $O_2$ ,  $CO_2$ .

Sedangkan pembakaran tidak sempurna meliputi, HC, CO, dan  $NO_x$

(Martyr.Plint,1995:325-326)

6. Mesin turbo 4E-FTE

Mesin seri ke 4 dari keluarga mesin jenis E. Dengan spesifikasi : 4E-FTE L4 1331cc EFI DOHC 16valve dilengkapi turbo jenis Toyota ct-9 Turbocharger (CT-9A) dilengkapi dengan *Intercooler*. (www.wikipedia.com)

7. Aliran laminar

Adalah aliran fluida yang bergerak dengan kondisi lapisan-lapisan/ (anima-lamina) membentuk garis-garis alir yang tidak berpotongan satu sama lain. Hal tersebut ditunjukkan oleh percobaan Osborne Reynold. Pada laju aliran rendah, aliran laminar tergambar sebagai filamen panjang yang mengalir sepanjang aliran. Aliran ini mempunyai Bilangan *Reynold* lebih kecil dari 2300. (www.wikipedia.com)

8. Aliran turbulen

Adalah aliran fluida yang partikel-partikelnya bergerak secara acak dan tidak stabil dengan kecepatan berfluktuasi yang saling interaksi. Akibat dari hal tersebut garis alir antar partikel fluidanya saling berpotongan. Oleh Osborne Reynold digambarkan sebagai bentuk yang tidak stabil yang bercampur dalam waktu yang cepat yang selanjutnya memecah dan menjadi tak terlihat. Aliran turbulen mempunyai bilangan *Reynold* yang lebih besar dari 4000. (www.wikipedia.com)

9. Bilangan Reynolds

Dalam mekanika fluida, bilangan Reynolds adalah rasio antara gaya inersia ( $vsp$ ) terhadap gaya viskos ( $\mu/L$ ) yang mengkuantifikasikan hubungan kedua gaya tersebut dengan suatu kondisi aliran tertentu.

Bilangan ini digunakan untuk mengidentifikasikan jenis aliran yang berbeda, misalnya laminar dan turbulen. Namanya diambil dari Osborne Reynolds (1842–1912) yang mengusulkannya pada tahun 1883. (www.wikipedia.com)

#### **E. TUJUAN**

Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini yaitu untuk mengetahui kualitas dan kuantitas emisi gas buang mesin turbo 4E-FTE dengan variasi kemiringan sudu *air cyclone*.

#### **F. MANFAAT PENELITIAN**

Manfaat dari penelitian mengenai pengaruh kemiringan sudu *air cyclone* terhadap emisi gas buang mesin turbo 4E-FTE antara lain :

1. Memberikan informasi tentang *air cyclone* pada mesin turbo 4E-FTE dapat mempengaruhi emisi gas buang dan mengurangi polusi
2. Sebagai masukan bagi para praktisi akademis dalam menguji dan meneliti pengaplikasian *air cyclone* berpengaruh terhadap emisi yang dihasilkan.
3. Meningkatkan wawasan dan pengetahuan bagi para peneliti khususnya di bidang Otomotif.

## BAB II

### LANDASAN TEORI DAN KERANGKA BERFIKIR

#### A. LANDASAN TEORI

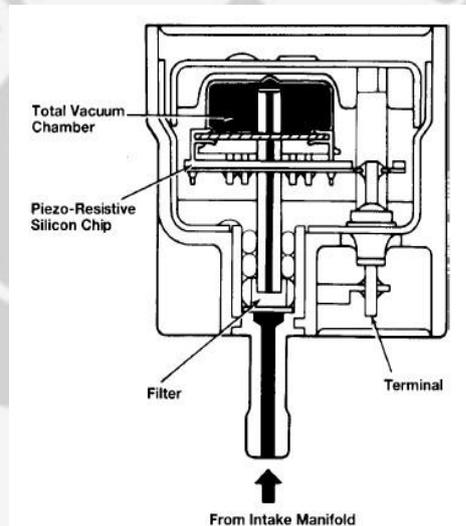
##### 1. Mesin Turbo 4E-FTE

Mesin ini menggunakan sistem bakar EFI (*Elektronic Fuel Injektor*), dimana sistem penyemprotan bahan bakar yang dalam kerjanya dikontrol secara elektronik agar didapatkan nilai campuran udara dan bahan bakar selalu sesuai dengan kebutuhan mesin, sesuai dengan jumlah dan temperatur udara yang masuk, kecepatan mesin, temperatur air pendingin, posisi *throttle valve*, *turbo Pressure Sensor* serta sensor lainnya. Sehingga didapatkan daya motor yang optimal dengan pemakaian bahan bakar yang minimal serta mempunyai gas buang yang ramah lingkungan (Toyota Step 1,1994:3-68). Perhitungan udara masuk mengadopsi sistem D-EFI (*manifold pressure control type*). Sistem ini menggunakan perhitungan udara masuk berdasar dari tekanan yang terdapat pada *intake manifold*. Sensornya berupa *Turbo Pressure Sensor*. (Toyota Step 1,1994:3-69)

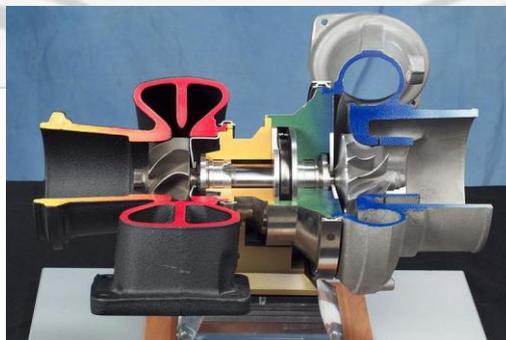
Sensor ini bekerja atas dasar tekanan pada *intake manifold* tekanan ini akan menggerakkan *piezo-resistive silicon chip*. Chip ini akan memberikan keluaran tegangan berbeda tergantung dari kelengkungannya. Pada mesin ini dilengkapi dengan *Turbocharger* yaitu suatu jenis pompa untuk menekan udara yang masuk ke dalam silinder-silinder untuk menambah kecepatan udara. Udara masuk disuplai ke silinder oleh *turbocharger*

dengan tekanan yang lebih besar dibanding tekanan *atmosfer* menyebabkan bertambahnya kepadatan dalam ruang silinder. Pada mesin biasa, efisiensi pengisian udara yang dihisap ke silinder hanya 65%- 85% karena adanya tahanan pada sistem hisap dan gas buang yang tersisa dalam sistem pembuangan. Dengan menggunakan *turbocharger* pada mesin, efisiensi pengisian dapat melebihi 100% dimana:

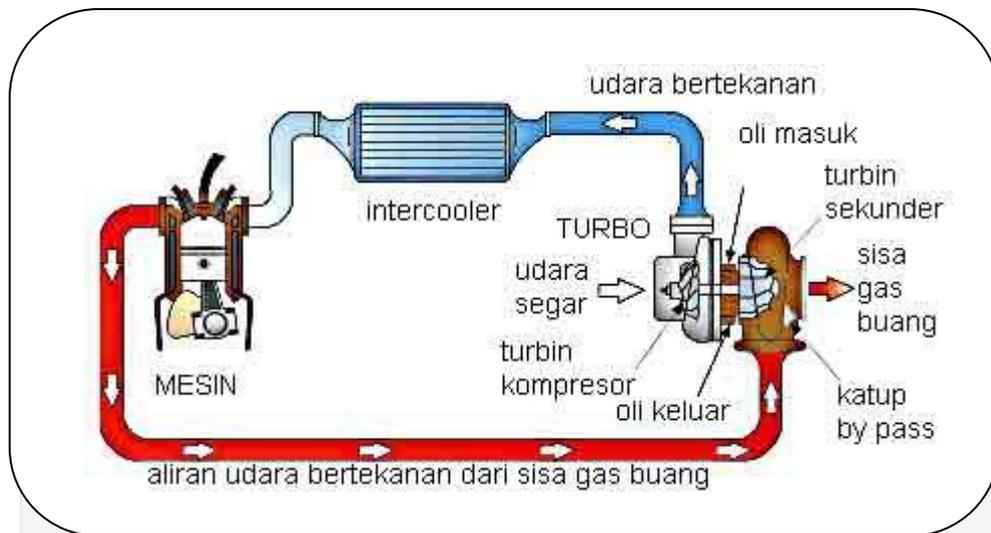
$$\text{Efisiensi pengisian (\%)} = \frac{\text{Banyaknya udara aktual yang masuk}}{\text{udara dalam silinder pada kondisi standart}} \times 100\%$$



Gambar 1. Sensor tekanan *manifold*.



Gambar 2. *Turbocharger*



Gambar 3. Sistem kerja *Turbocharger*

Sedangkan arti dari mesin jenis 4E-FTE adalah :

4E : generasi ke 4 dari mesin Toyota jenis E.

F : *cam shaft* jenis *twin cam* dengan profil mengarah ke keiritan bahan bakar.

T : mesin ini menggunakan *turbocharger*.

E : mesin ini menggunakan system pengabutan bahan bakar jenis *EFI* (*electronic fuel injection*).

Mesin 4E-FTE mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

Model	4E-FTE L4 1331cc <i>EFI DOHC</i> 16valve
Turbo model	Toyota ct-9 <i>Turbocharger</i> (CT-9A)
Tenaga	133hp @ 6400rpm (100kw @6400rpm)
Torsi	16.0kgm @ 4800rpm (157Nm@4800rpm)
Putaran mesin maksimal	7200 rpm

Tekanan turbo	(Dual-mode Turbo) 0.40bar (@6psi) @ LO setting0.65bar(@9.5psi) @ HI setting
Compression Ratio	8.2:1
Bore & Stroke	74 x 77.4
Injector	4 x 295cc/min

## 2. Emisi

Emisi gas buang merupakan sisa hasil pembakaran mesin kendaraan yang dikeluarkan ke udara. Sumber emisi gas buang itu sendiri berupa H<sub>2</sub>O (air), HC (senyawa hidrat), gas CO (karbon mono oksida), CO<sub>2</sub> (karbon dioksida), NO<sub>x</sub> (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.

Yang menyebabkan HC tinggi adalah :

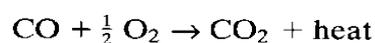
1. Perbandingan jumlah bahan bakar-udara yang tidak seimbang.
2. Pembakaran yang tidak sempurna, sisa bahan bakar yang tidak terjangkau api pembakaran akan lolos menjadi gas HC.
3. Kompresi yang bocor, pada saat kompresi beberapa bahan bakar-udara akan lolos melalui ring silinder.
4. Gas yang lolos melalui katup ex pada saat kompresi dapat menghasilkan gas HC.
5. Overlap katup, akan membuat banyak gas segar terbuang 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 daripada oksigen sehingga dapat mengakibatkan mati lemas. Tetapi emisi CO (karbon mono oksida) pada kendaraan ini dapat dikurangi dengan mengubahnya ke CO<sub>2</sub> dengan memberikan tambahan oksigen ke dalam knalpot dan panas pada mesin. 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 (Pulkrabek, Willard) :



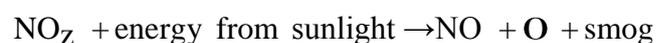
c. Gas CO<sub>2</sub> (karbon dioksida)

Gas CO<sub>2</sub> (karbon dioksida) merupakan hasil proses pembakaran sempurna dari bensin atau HC (senyawa hidrat) dengan O<sub>2</sub> (oksigen). Konsentrasi CO<sub>2</sub> semakin tinggi maka akan semakin baik, hal ini menunjukkan secara langsung status proses pembakaran di ruang bakar pada mesin kendaraan. Sumber CO<sub>2</sub> ini hanya dari ruang bakar pada mesin dan CC. Tetapi pada keadaan tertentu konsentrasi CO<sub>2</sub> yang tinggi ini akan berbanding terbalik dengan keadaan iklim di luar. Karena CO<sub>2</sub> merupakan sumber emisi terbesar gas rumah kaca.

d. Gas NO<sub>x</sub> (senyawa nitrogen oksida)

Gas NO<sub>x</sub> (senyawa nitrogen oksida) adalah ikatan kimia antara nitrogen dan oksigen. Senyawa NO<sub>x</sub> ini 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<sub>x</sub> ini sangat tidak stabil dan bila terlepas ke udara bebas, akan berikatan dengan oksigen dan membentuk NO<sub>2</sub>. 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 (Pulkrabek, Willard):



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

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

Berdasarkan peraturan pemerintah Nomor 05 tahun 2006 Tentang Ambang batas emisi gas buang Kendaraan bermotor yang diijinkan adalah

Tabel 1. kadar emisi gas buang kendaraan bermotor yang diijinkan pemerintah

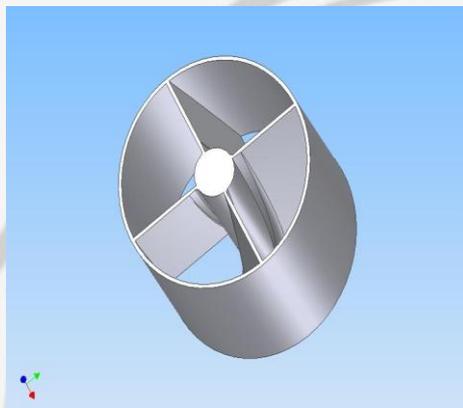
KENDARAAN BERMOTOR KATEGORI L					
Kategori	Tahun Pembuatan	Parameter			Metode uji
		CO (%)	HC (ppm)	Opasitas (% HSU)	
Sepeda motor 2 langkah	< 2010	4.5	12000		Idle
Sepeda motor 4 langkah	< 2010	5.5	2400		Idle
Sepeda motor (2 langkah dan 4 langkah)	≥ 2010	4.5	2000		Idle

KENDARAAN BERMOTOR KATEGORI M, N DAN O					
Kategori	Tahun Pembuatan	Parameter			Metode uji
		CO (%)	HC (ppm)	Opasitas (% HSU)	
Berpenggerak motor bakar cetus api (bensin)	< 2007	4.5	1200		Idle
	≥ 2007	1.5	200		Idle
Berpenggerak motor bakar penyalaan kompresi (diesel)	< 2010			70	Percepatan Bebas
	≥ 2010			40	
GVW ≤ 3.5 ton	< 2010			70	
	≥ 2010			50	

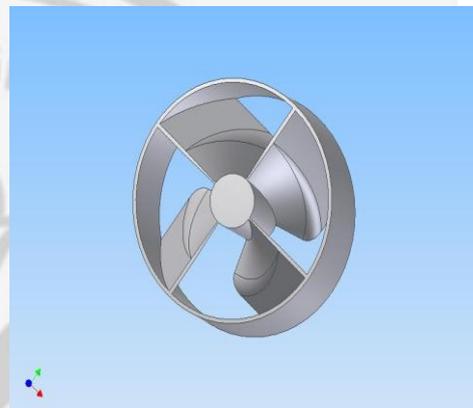
### 3. Air Cyclone

*Air cyclone* merupakan alat tambahan yang berfungsi untuk membentuk pusaran udara yang ditempatkan pada saringan udara sebelum masuk ke karburator dan juga yang diletakkan pada saluran *intake manifold* sesuai

dengan jumlah silinder yang ada pada motor bensin/diesel. Pada umumnya *cyclone* terbuat dari bahan yang tahan karat (*stainless steel/aluminium*) serta mempunyai sudu-sudu membentuk kemiringan tertentu. Udara yang melewati sudu-sudu tersebut membentuk pusaran sehingga percampuran bahan bakar dan udara menjadi lebih homogen / lebih baik.



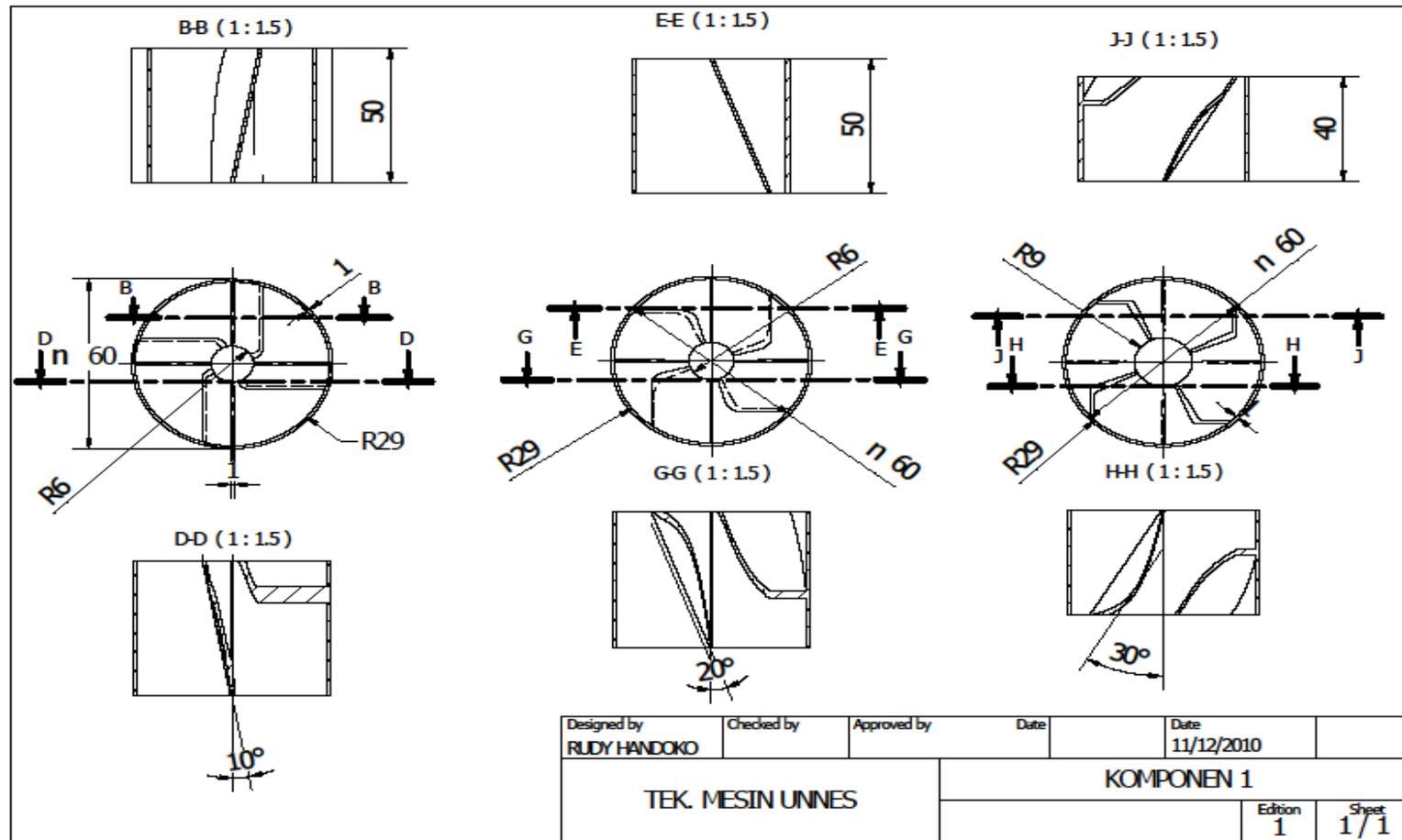
Gambar 4. Alat *Air cyclone* kemiringan sudut sudu  $10^{\circ}$



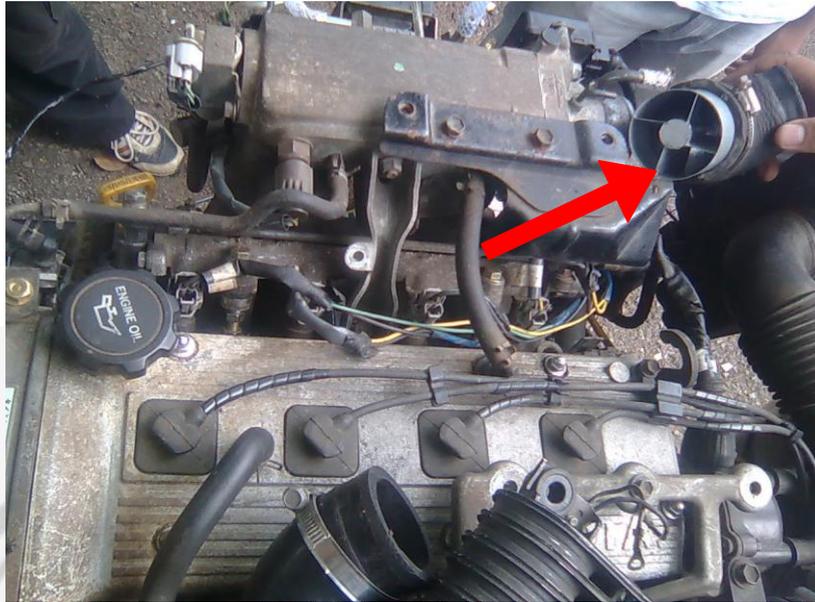
Gambar 5. Alat *Air cyclone* kemiringan sudut sudu  $20^{\circ}$



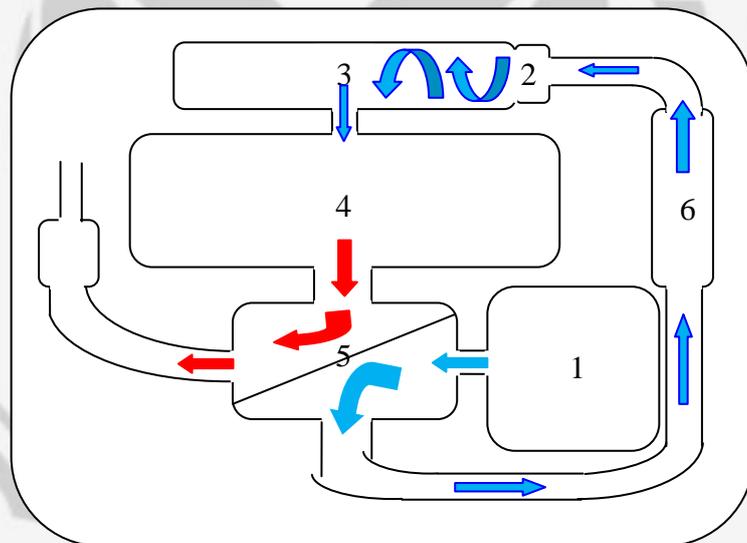
Gambar 6. Alat *Air cyclone* kemiringan sudut sudu  $30^{\circ}$



Gambar 7. Air Cyclone



Gambar 8. Penempatan Air Cyclone



Gambar 9. Siklus aliran udara dengan Air Cyclone

Keterangan gambar :

- |                    |                 |
|--------------------|-----------------|
| 1. Filter udara    | 4. Ruang bakar  |
| 2. Air cyclone     | 5. Turbocharger |
| 3. Intake manifold | 6. Intercooler  |

## B. KERANGKA BERFIKIR

Mesin dari pabrikan atau lebih dikenal dengan sebutan mesin standar telah melalui berbagai perhitungan dalam proses pembuatannya sehingga dihasilkan mesin dengan kualitas yang baik. Namun, setiap mesin pasti memiliki kekurangan dan kelebihan masing-masing. Dalam perkembangannya tidak sedikit dari para teknisi mekanik yang melakukan modifikasi dengan tujuan untuk meningkatkan performa mesin tersebut. Berbagai macam cara dilakukan oleh para teknisi untuk melakukan modifikasi pada mesin, salah satunya adalah dengan pengaplikasian *air cyclone*.

Salah satu alasan utama pengaplikasian *air cyclone* ini adalah untuk memberikan variasi pada mesin agar dapat diketahui emisi gas buang mesin yang terbaik. Dengan memberikan variasi kemiringan sudut sudu *air cyclone* ini diharapkan dapat memberikan pengaruh positif terhadap emisi gas buang mesin sehingga nantinya dapat diaplikasikan pada semua mesin.

Peneliti ingin mengetahui apakah dengan pengaplikasian *air cyclone* berpengaruh terhadap emisi gas buang mesin. Hal ini akan terlihat ketika membandingkan hasil pengujian performa mesin dalam keadaan standar dan mesin yang sudah dimodifikasi dengan pengaplikasian *air cyclone*.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **A. DESAIN PENELITIAN**

Desain penelitian yang digunakan adalah *eksperiment developmental* karena pada dasarnya penelitian ini dilakukan untuk menguji suatu gejala yang dapat terukur. Penelitian ini dilakukan di Kantor Dinas Perhubungan, Komunikasi, dan Informatika Kabupaten Blora. Khusus dalam penelitian ini dengan menekankan pada subyek uji emisi gas buang mesin. 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. VARIABEL PENELITIAN**

Variabel adalah objek penelitian yang bervariasi (Arikunto,1998). Variabel yang di ambil dari judul “PENGARUH KEMIRINGAN SUDU *AIR CYCLONE* TERHADAP EMISI GAS BUANG MESIN TURBO 4E-FTE” adalah:

a. Variabel bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah besar sudut kemiringan sudu *air cyclone* sebesar  $10^0$ ,  $20^0$ ,  $30^0$ .

b. Variabel terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah emisi gas buang mesin turbo 4E-FTE.

c. Variabel kontrol

Variabel kontrol adalah faktor lain di luar variabel penelitian yang diteliti, tetapi dapat mempengaruhi hasil penelitian adalah jenis dan kualitas bahan bakar, suhu ruang uji. Jenis bahan bakar yang digunakan untuk pengujian adalah pertamax ( $C_{10}H_{24}$ ) yang diperoleh dari salah satu SPBU agar diperoleh kualitas bahan bakar yang sama. Sedangkan suhu ruang uji ditentukan dengan mengambil waktu penelitian yang sama yaitu pada pagi hari sehingga akan didapat suhu ruang uji yang sama.

**C. ALAT DAN BAHAN**

1. Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

a. *Engine Starlet GT Turbo 4E-FTE*

b. Alat *air cyclone*.

2. Sedangkan alat yang digunakan adalah :

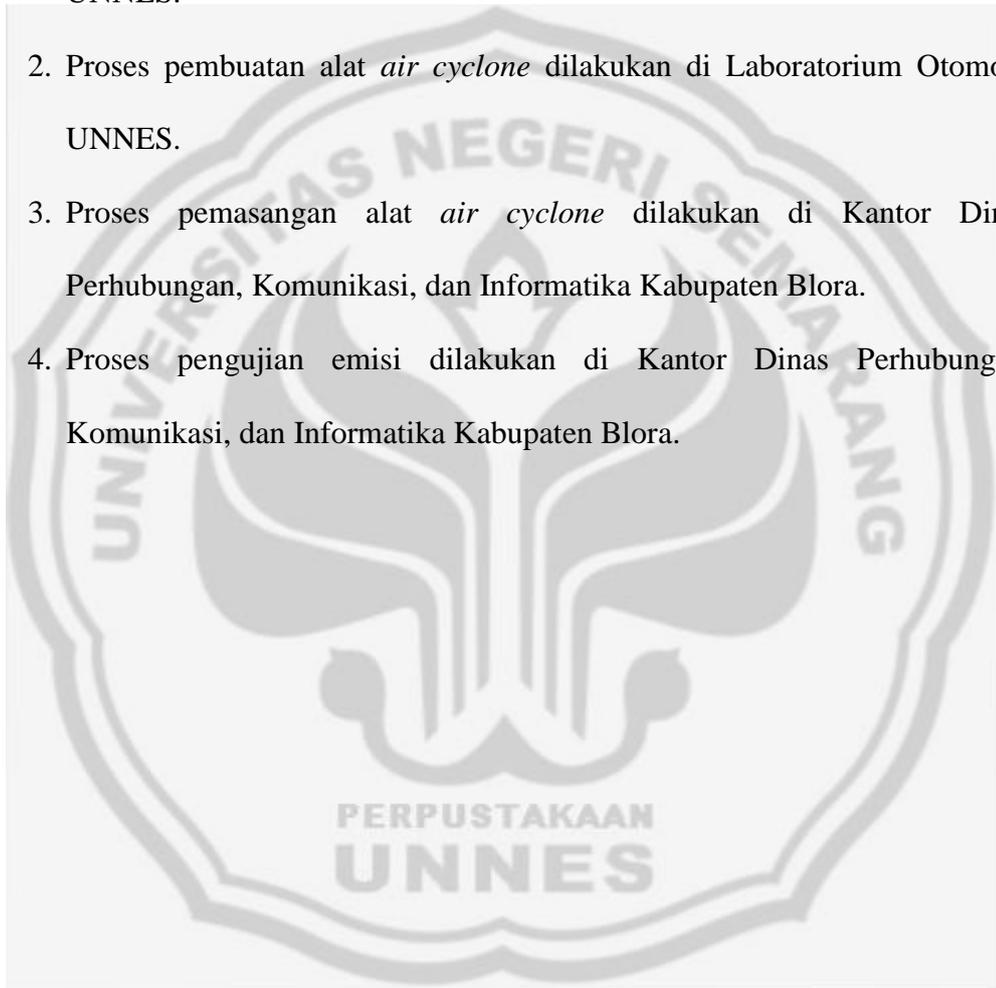
a. Alat uji emisi *Automotive Analyzer seri mexa-554J*.

b. *Tool set*

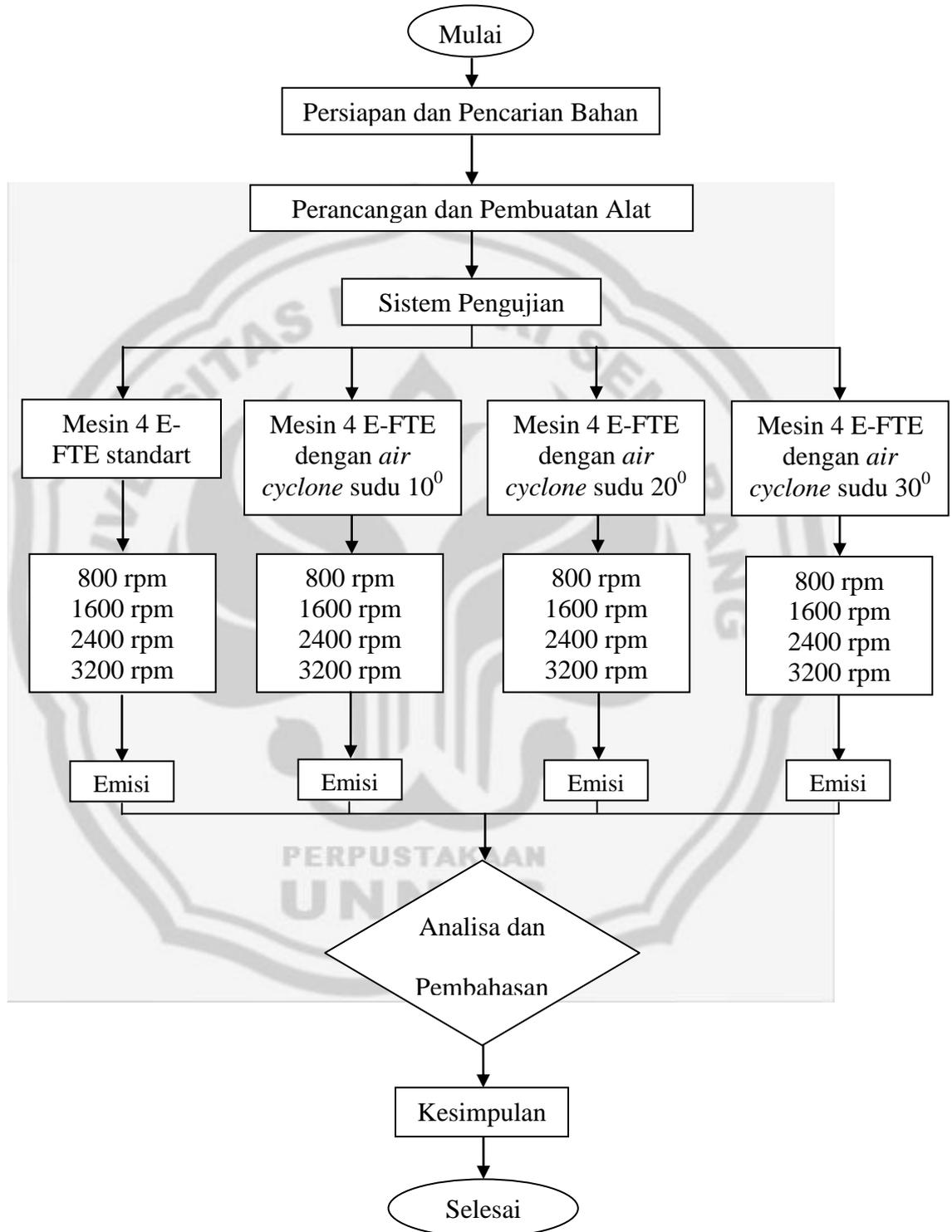
#### **D. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN**

Penelitian dilaksanakan pada tanggal 10 Maret 2011. Adapun pelaksanaannya adalah sebagai berikut :

1. Proses perakitan mesin 4E-FTE dilakukan di laboratorium otomotif UNNES.
2. Proses pembuatan alat *air cyclone* dilakukan di Laboratorium Otomotif UNNES.
3. Proses pemasangan alat *air cyclone* dilakukan di Kantor Dinas Perhubungan, Komunikasi, dan Informatika Kabupaten Blora.
4. Proses pengujian emisi dilakukan di Kantor Dinas Perhubungan, Komunikasi, dan Informatika Kabupaten Blora.



## E. ALUR PENELITIAN



Gambar 10. Diagram alur Penelitian

## F. PROSEDUR PENELITIAN

### 1. Persiapan

#### a. Perakitan mesin

Mesin 4E-FTE dibuat menjadi engine stand tanpa dilengkapi dengan transmisi, dan AC. Kondisi mesin dalam keadaan standar.

#### b. Pembuatan alat *air cyclone*

Pembuatan alat *air cyclone* untuk mengubah aliran udara laminar pada *intake manifold* mesin 4E-FTE menjadi bentuk aliran pusaran/turbulen dengan menggunakan sudu-sudu yang terdapat pada alat *air cyclone*.

### 2. Pelaksanaan

#### a. Proses pemasangan alat *air cyclone*

Pemasangan alat ini ditempatkan pada pipa antara filter udara dengan *intake manifold* pada mesin 4E-FTE.

#### b. Proses pengujian emisi

Pengujian emisi gas buang ini dengan menggunakan alat Horiba *Automotive Analyzer seri mexa-554J*. Pengujian dilakukan enam belas kali. Pengujian pada mesin standar tanpa *air cyclone* saat putaran mesin 800 rpm, 1600 rpm, 2400 rpm, 3200 rpm dan pada mesin yang memakai *air cyclone* dengan kemiringan sudu  $10^{\circ}$ ,  $20^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$  saat putaran mesin 800 rpm, 1600 rpm, 2400 rpm, 3200 rpm.

Pengambilan sampel emisi dilakukan dengan terlebih dahulu memanaskan mesin sampai tercapai suhu kerja ( $60^{\circ}\text{C}$  -  $70^{\circ}\text{C}$ ) dan

kondisi temperatur tempat pengujian pada 20°C - 35°C. Lakukan percepatan pada mesin secara mendadak sebanyak dua kali dan biarkan mesin dalam keadaan stasioner.

Kemudian menyalakan alat uji emisi, Tekan tombol “M” control unit akan melakukan zero measurement. Tunggu sampai sekitar 10 detik kemudian masukkan probe kedalam saluran emisi gas buang kendaraan. Setelah nilai hamper mendekati kesetabilan tekan ”M” dua kali untuk menahan nilai/hasil yang telah didapat dan secara bersamaan printer secara otomatis akan mencetak hasil pengujian. Tunggu sampai printer selesai mencetak hasil pengujian, kemudian keluarkan probe dari saluran emisi gas buang kendaraan. Tekan Tombol “M” control unit akan membuang sisa gas yang ada pada sampling unit, kemudian display akan kembali ke posisi normal.



Gambar 11. alat uji emisi Horiba *Automotive Analyzer* seri mexa-554J

### 3. Teknik pengambilan data

Data yang diambil adalah hasil gas yang dihasilkan oleh mesin. Berupa CO, CO<sub>2</sub>, HC,  $\lambda$  dan AFR. Kemudian dimasukkan dalam lembar pengamatan.

## G. ANALISIS DATA

Dalam penelitian ini analisis data yang digunakan adalah analisis deskriptif yang dilakukan dengan membandingkan hasil pengujian emisi antara mesin 4E-FTE keadaan standar dengan mesin 4E-FTE yang sudah menggunakan sistem *air cyclone*.

Data hasil pengujian emisi antara mesin 4E-FTE keadaan standar dengan mesin 4E-FTE yang sudah menggunakan sistem *air cyclone* dibuat dalam diagram grafik.



Tabel 2. Lembar Pengamatan

No	rpm	$\lambda$	AFR	Kadar emisi gas buang mesin tanpa menggunakan <i>air cyclone</i>			Kadar emisi gas buang menggunakan <i>air cyclone</i> dengan sudu $10^0$		
				CO <sub>2</sub> (% Vol)	CO (% Vol)	HC (ppmvol)	CO <sub>2</sub> (% Vol)	CO (% Vol)	HC (ppmvol)
1.	800								
2.	2600								
3.	2400								
4.	3200								

No	rpm	$\lambda$	AFR	Kadar emisi gas buang menggunakan <i>air cyclone</i> dengan sudu $20^0$			Kadar emisi gas buang menggunakan <i>air cyclone</i> dengan sudu $30^0$		
				CO <sub>2</sub> (% Vol)	CO (% Vol)	HC (ppmvol)	CO <sub>2</sub> (% Vol)	CO (% Vol)	HC (ppmvol)
1.	800								
2.	2600								
3.	2400								
4.	3200								

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### A. HASIL PENELITIAN

Data hasil penelitian diperoleh dari uji emisi gas buang mesin dengan menggunakan Horiba *Automotive Analyzer* seri mexa-554J. Data yang 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 enam belas kali pengujian, yaitu empat kali pengujian dalam putaran mesin 800 rpm, 1600 rpm, 2400 rpm, dan 3200 rpm tanpa alat *air cyclone*, empat kali pengujian dalam putaran mesin 800 rpm, 1600 rpm, 2400 rpm, dan 3200 rpm dengan tambahan *air cyclone* dengan kemiringan sudut sudu  $10^{\circ}$ , empat kali pengujian dalam putaran mesin 800 rpm, 1600 rpm, 2400 rpm, dan 3200 rpm dengan tambahan *air cyclone* dengan kemiringan sudut sudu  $20^{\circ}$ , empat kali pengujian dalam putaran mesin 800 rpm, 1600 rpm, 2400 rpm, dan 3200 rpm dengan tambahan *air cyclone* dengan kemiringan sudut sudu  $30^{\circ}$ . Selanjutnya data tersebut dibandingkan dan dibuat dalam bentuk diagram grafik.

Tabel 3. Emisi Gas Buang Mesin tanpa menggunakan *air cyclon* dari Hasil Pengujian Menggunakan Horiba *Automotive Analyzer* seri mexa-554J

No	rpm	$\lambda$	AFR	Kadar emisi gas buang mesin tanpa menggunakan <i>air cyclone</i>		
				CO <sub>2</sub> (% Vol)	CO (% Vol)	HC (ppmvol)
1.	800	1,28	18	11,76	0,23	316
2.	1600	1,04	15,2	14,24	0,23	176
3.	2400	0,95	13,9	15	0,90	127
4.	3200	1,08	15,8	13,5	0,27	323

Tabel 4. Emisi Gas Buang Mesin menggunakan *air cyclone* 10<sup>0</sup> dari Hasil Pengujian Menggunakan Horiba *Automotive Analyzer* seri mexa-554J

No	rpm	$\lambda$	AFR	Kadar emisi gas buang mesin menggunakan <i>air cyclone</i> 10 <sup>0</sup>		
				CO <sub>2</sub> (% Vol)	CO (% Vol)	HC (ppmvol)
1.	800	1,26	18,2	11,75	0,22	314
2.	1600	1,03	15,3	14,32	0,22	176
3.	2400	0,95	14,1	15,10	0,91	127
4.	3200	1,07	15,7	13,5	0,27	323

Tabel 5. Emisi Gas Buang Mesin menggunakan *air cyclone* 20<sup>0</sup> dari Hasil Pengujian Menggunakan Horiba *Automotive Analyzer* seri mexa-554J

No	rpm	$\lambda$	AFR	Kadar emisi gas buang mesin menggunakan <i>air cyclone</i> 20 <sup>0</sup>		
				CO <sub>2</sub> (% Vol)	CO (% Vol)	HC (ppmvol)
1.	800	1,27	18,1	11,77	0,22	315
2.	1600	1,05	15,2	14,29	0,23	175
3.	2400	0,97	13,9	15,25	0,90	127
4.	3200	1,07	15,9	13,55	0,26	322

Tabel 6. Emisi Gas Buang Mesin menggunakan *air cyclone* 30<sup>0</sup> dari Hasil Pengujian Menggunakan Horiba *Automotive Analyzer* seri mexa-554J

No	rpm	$\lambda$	AFR	Kadar emisi gas buang mesin menggunakan <i>air cyclone</i> 30 <sup>0</sup>		
				CO <sub>2</sub> (% Vol)	CO (% Vol)	HC (ppmvol)
1.	800	1,29	18,4	11,83	0,21	313
2.	1600	1,05	15,1	14,39	0,22	175
3.	2400	0,99	14,4	15,3	0,88	127
4.	3200	1,09	15,6	13,67	0,26	321

(Data diambil pada tanggal 10 Maret 2011, dengan menggunakan alat uji Horiba *Automotive-Analyzer* seri mexa-554J)

Berdasarkan data hasil penelitian tersebut maka dapat dibuat dalam bentuk diagram grafik sebagai berikut :

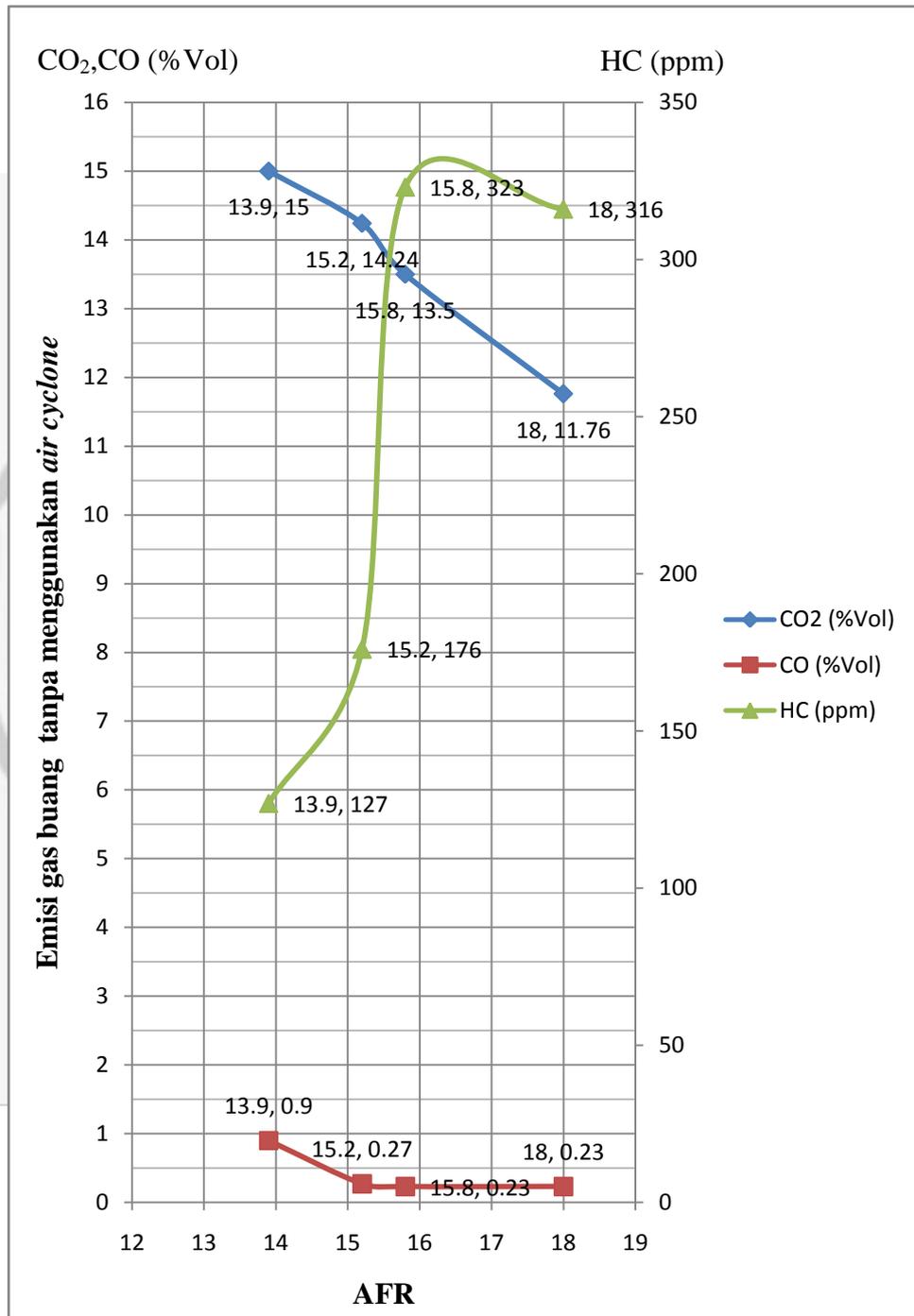


Diagram grafik 1. Perbandingan emisi gas buang CO<sub>2</sub>, CO, HC mesin tanpa *air cyclone* terhadap AFR

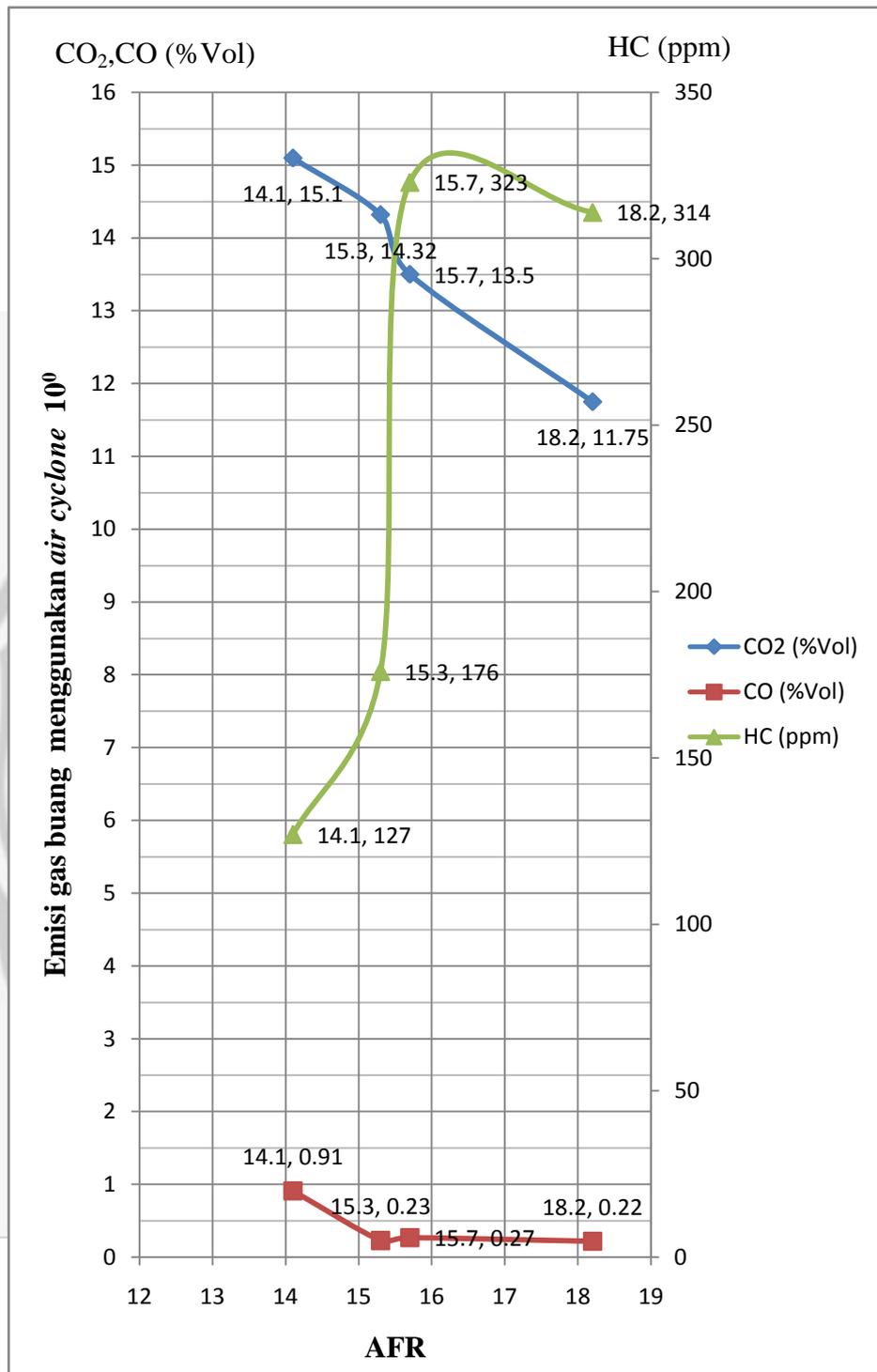


Diagram grafik 2. Perbandingan emisi gas buang CO<sub>2</sub>, CO, HC mesin menggunakan *air cyclone* 10<sup>0</sup> terhadap AFR

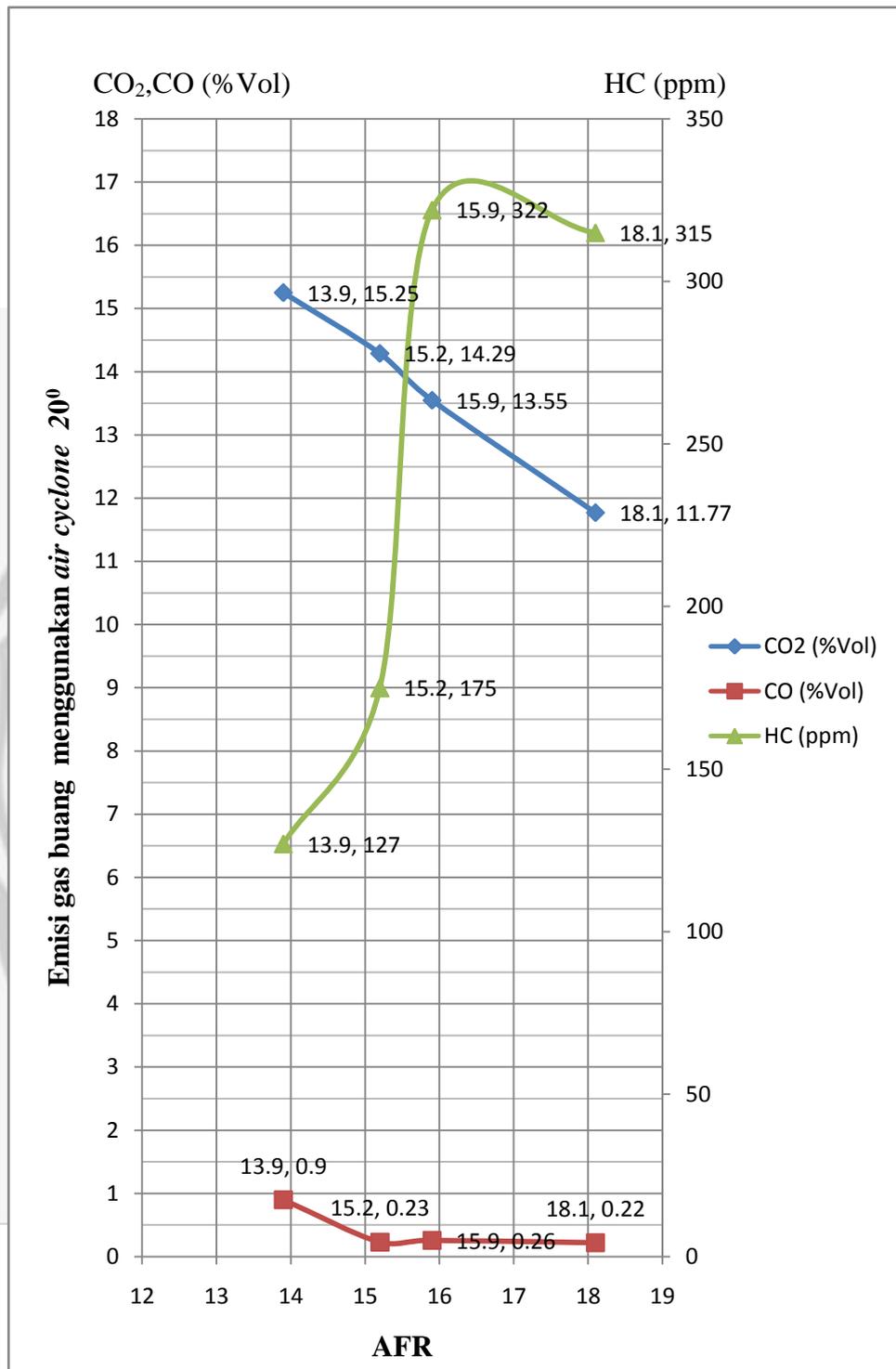


Diagram grafik 3. Perbandingan emisi gas buang CO<sub>2</sub>, CO, HC mesin menggunakan *air cyclone* 20<sup>0</sup> terhadap AFR

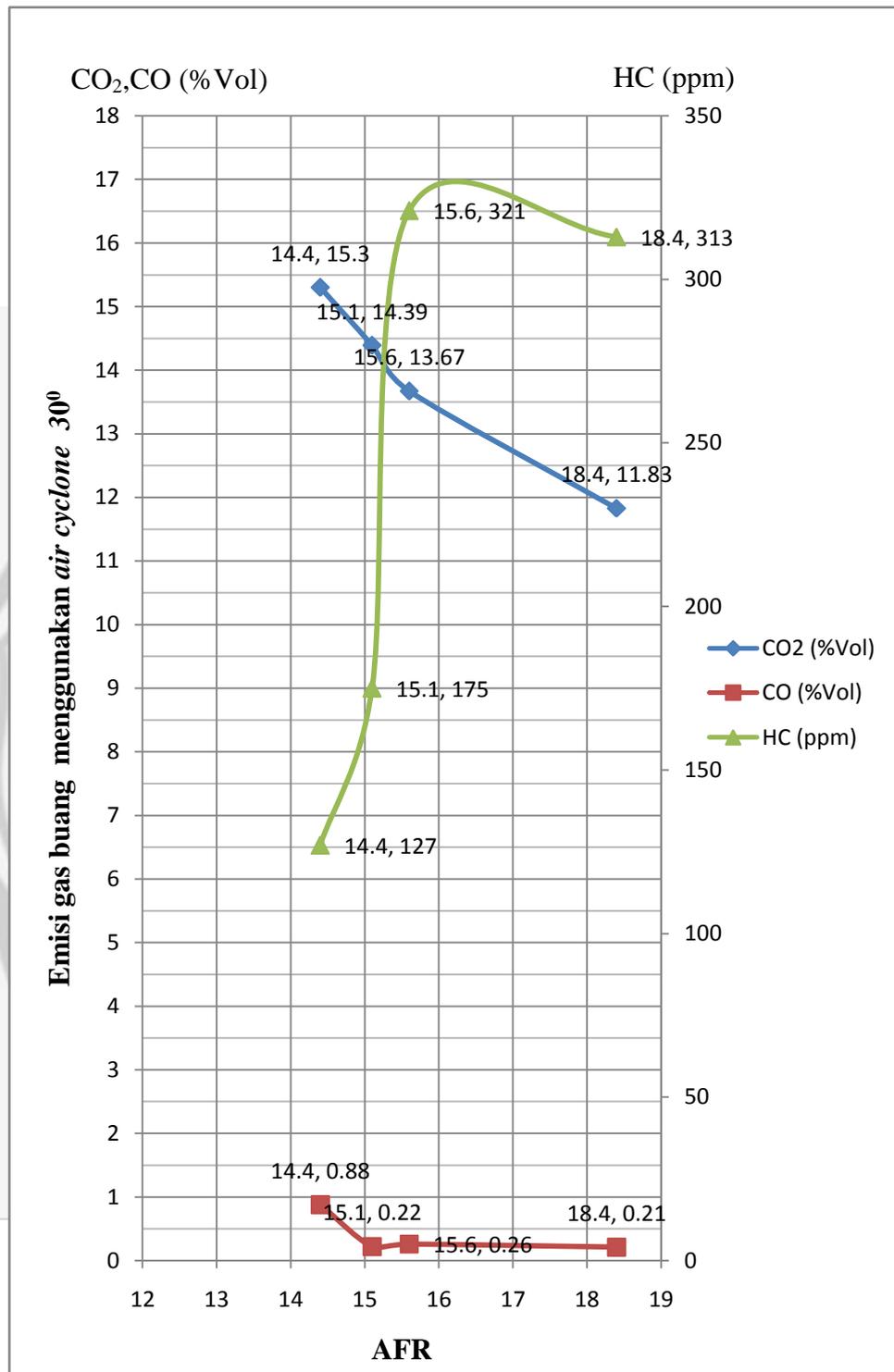


Diagram grafik 4. Perbandingan emisi gas buang CO<sub>2</sub>, CO, HC mesin menggunakan *air cyclone 30*<sup>0</sup> terhadap AFR

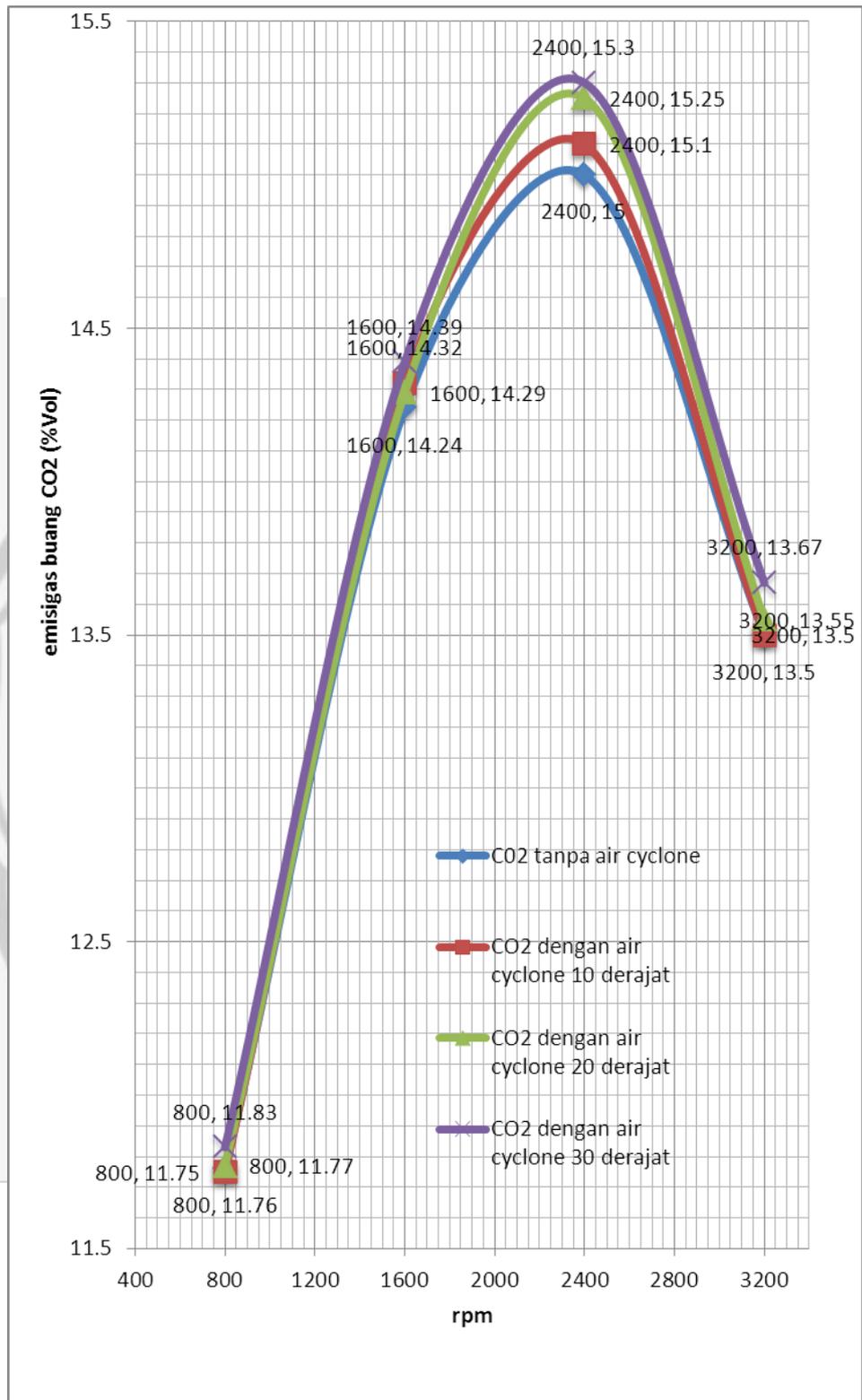


Diagram grafik 5. Perbandingan emisi gas buang CO<sub>2</sub> mesin tanpa *air cyclone* dengan mesin yang telah ditambahkan *air cyclone* 10<sup>0</sup>, 20<sup>0</sup>, 30<sup>0</sup>

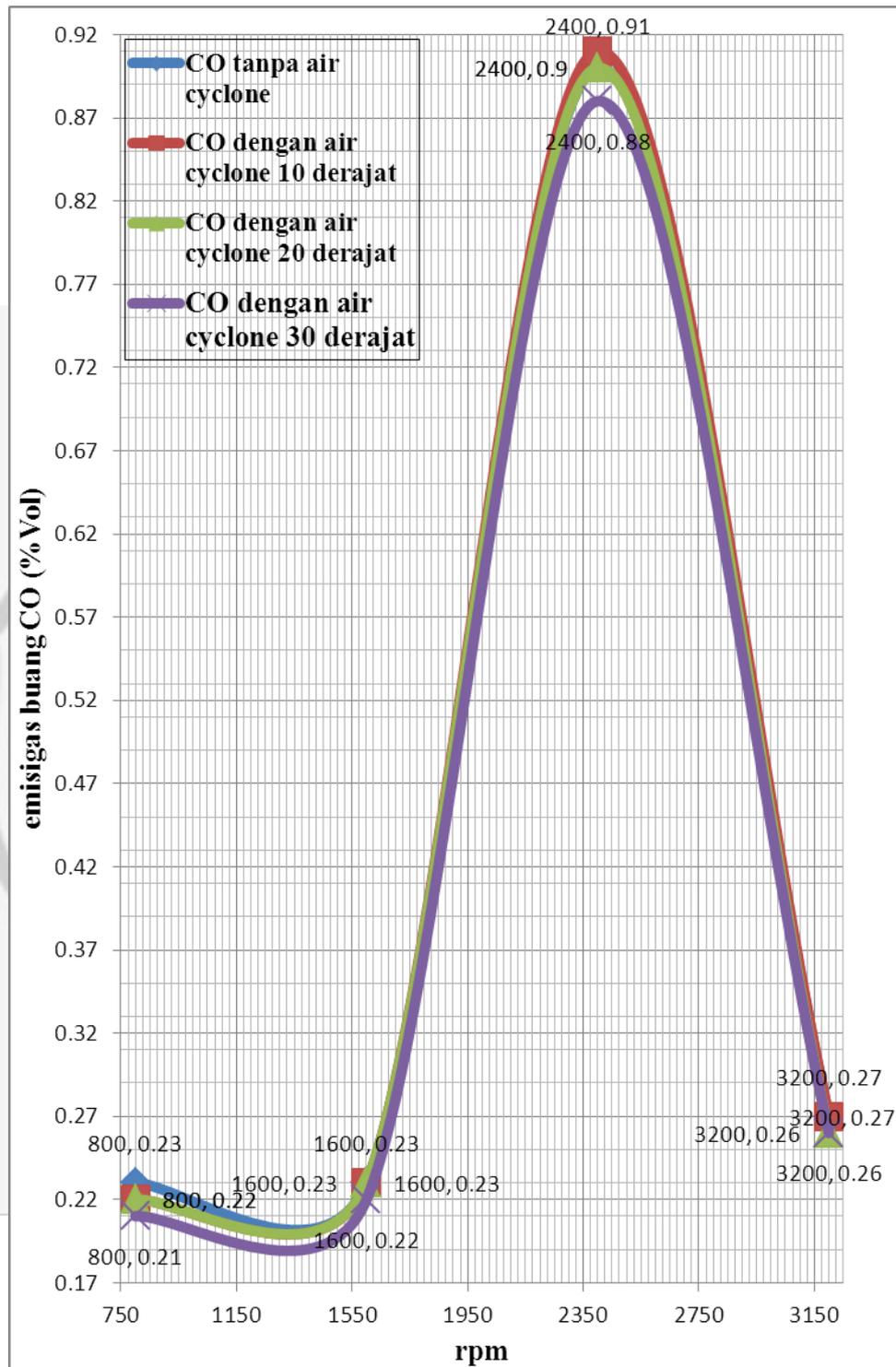


Diagram grafik 6. Perbandingan emisi gas buang CO mesin tanpa *air cyclone* dengan mesin yang telah ditambahkan *air cyclone* 10<sup>0</sup>, 20<sup>0</sup>, 30<sup>0</sup>

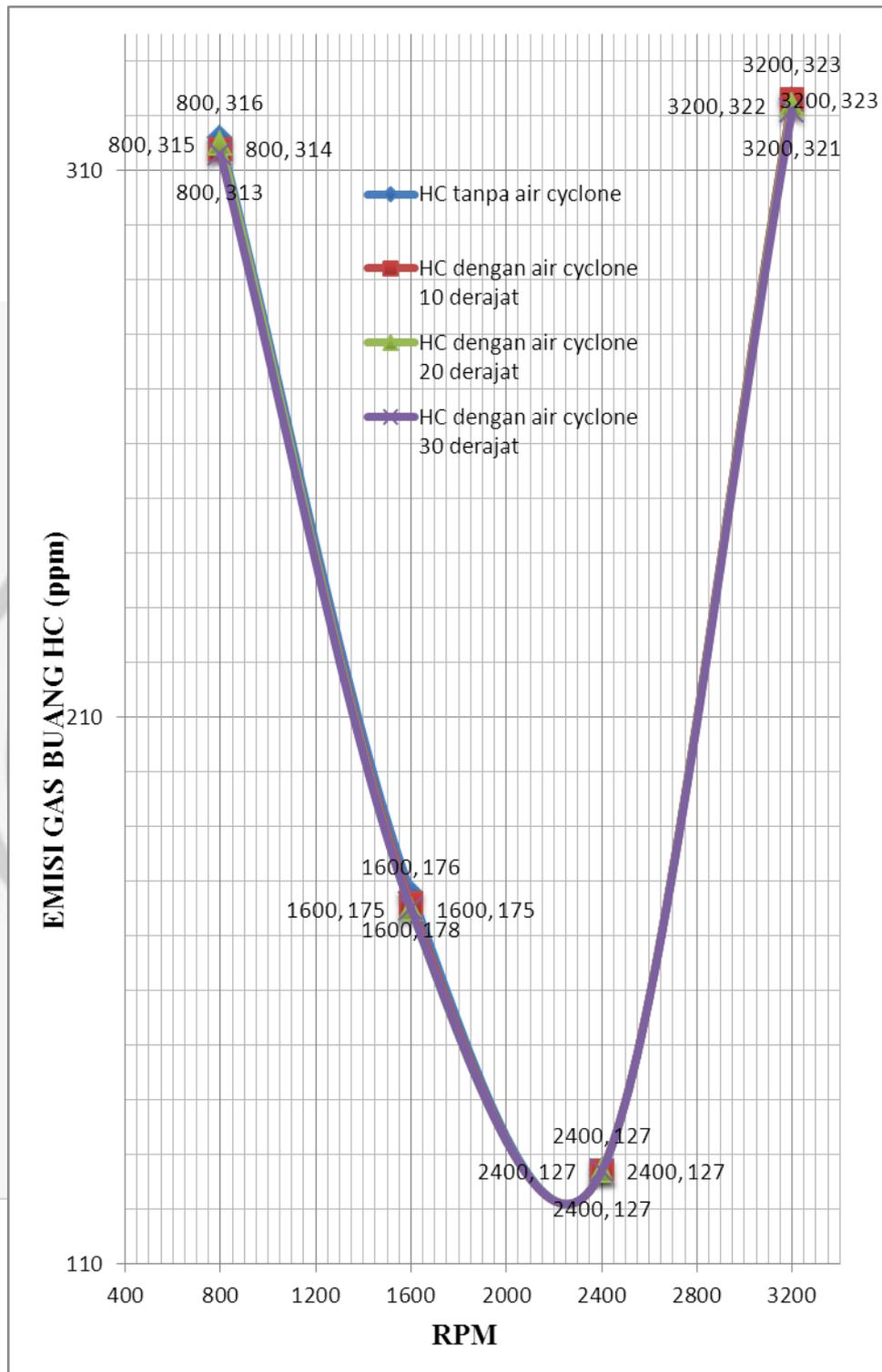


Diagram grafik 7. Perbandingan emisi gas buang HC mesin tanpa *air cyclone* dengan mesin yang telah ditambahkan *air cyclone* 10<sup>0</sup>, 20<sup>0</sup>, 30<sup>0</sup>

## B. PEMBAHASAN

Pada Horiba *Automotive Analyzer* seri mexa-554J, data yang dihasilkan hanya berupa data CO<sub>2</sub> dalam ppmVol, CO dalam %Vol, HC dalam %Vol, AFR,  $\lambda$  dan putaran mesin dalam rpm. Data emisi gas buang diperoleh dari pembacaan monitor, sedangkan putaran mesin diperoleh dari pembacaan *tachometer*.

Data yang dihasilkan dari Horiba *Automotive Analyzer* seri mexa-554J yang berupa data numerik yang dapat dilihat langsung emisi gas buang yang dihasilkan oleh mesin yang diuji. Selain data numerik, dapat dilihat juga data yang berupa diagram grafik sebagaimana telah terlampir. Jadi data hasil penelitian dari tiap-tiap pengujian emisi gas buang mesin dapat dilihat langsung.

### 1. Analisis emisi gas buang mesin antara hasil pengujian mesin tanpa menggunakan *air cyclone/standart* dengan mesin yang telah menggunakan *air cyclone* terhadap AFR (*air fuel ratio*).

Pada diagram grafik pertama emisi gas buang mesin tanpa menggunakan *air cyclone* terhadap AFR menunjukkan emisi gas CO semakin menurun jika campuran bahan bakar dan udara semakin kurus, emisi CO terendah saat AFR 1:18 dan tertinggi saat AFR 1:13,9. Emisi gas CO<sub>2</sub> tertinggi saat AFR kaya yaitu 1:13,9 dan terendah pada saat AFR kurus 1:18, semakin kaya AFR emisi gas CO<sub>2</sub> semakin tinggi. Pada emisi gas HC semakin kaya AFR gas HC yang dihasilkan semakin rendah. Gas

HC terendah pada saat AFR 1:13,9 dan HC tertinggi pada saat AFR 1:15,8.

Emisi gas buang mesin yang sudah ditambahkan *air cyclone* 10<sup>0</sup> pada diagram grafik ke dua menunjukkan emisi gas CO<sub>2</sub> semakin tinggi jika AFR semakin kaya. Emisi gas CO<sub>2</sub> tertinggi saat AFR 1:14,1 dan terendah saat AFR 18,2. Pada emisi gas CO semakin kurus AFR emisi gas CO yang dihasilkan semakin rendah karena kekurangan oksigen dalam proses pembakaran. Gas CO terendah saat AFR 1:18,2 dan tertinggi saat AFR 1:14,1. Sedangkan Emisi gas buang HC semakin meningkat saat AFR kurus. Emisi gas buang HC tertinggi saat AFR 1:15,7 dan terendah saat AFR 1:14,1.

Diagram grafik ke tiga menunjukkan emisi gas buang mesin yang sudah ditambahkan *air cyclone* 20<sup>0</sup>. Semakin kurus AFR gas emisi gas CO<sub>2</sub> semakin rendah. Emisi gas CO<sub>2</sub> tertinggi saat AFR 1:13,9 dan terendah saat AFR 1:18,1. Sedangkan pada emisi gas CO semakin kaya AFR semakin tinggi emisi gas CO yang dihasilkan. Emisi gas buang CO tertinggi pada AFR 1:13,9 dan terendah saat AFR 18,1. Pada emisi gas buang HC terendah saat AFR 1: 13,9 dan tertinggi saat AFR 15,9.

Emisi gas buang mesin yang sudah ditambahkan *air cyclone* 30<sup>0</sup> pada grafik ke empat menunjukkan emisi gas buang CO semakin rendah apabila AFR semakin kurus. Emisi gas CO terendah saat AFR 1:18,4 dan tertinggi saat AFR 1:14,4. Emisi gas buang CO<sub>2</sub> tertinggi saat AFR

1:14,4 dan terendah saat AFR 1:18,4. CO<sub>2</sub> semakin meningkat karena campuran bahan bakar dan udara semakin kaya. Emisi gas buang HC semakin meningkat saat AFR kurus karena kurangnya oksigen pada saat proses pembakaran berlangsung. Emisi gas HC terendah saat AFR 1:14,4 dan tertinggi saat AFR 1:15,6.

**2. Analisis emisi gas buang mesin antara hasil pengujian mesin tanpa menggunakan *air cyclone*/standart dengan mesin yang telah menggunakan *air cyclone*.**

Pada diagram grafik ke lima menunjukkan emisi gas buang CO<sub>2</sub> meningkat dengan bertambahnya rpm. Saat putaran mesin 2400 rpm dengan menggunakan *air cyclone* 30<sup>0</sup> emisi gas CO<sub>2</sub> tertinggi jika dibandingkan saat putaran mesin 800 rpm, 1600 rpm, 3200 rpm dengan *air cyclone* yang sama. Hal ini dikarenakan pada saluran *intake manifold* telah ditambah *air cyclone* yang merubah aliran udara laminar menjadi aliran turbulen, sehingga pencampuran udara dan bahan bakar lebih homogen dengan demikian pembakaran yang terjadi lebih sempurna. Jika campuran udara dan bahan bakar terlalu kurus, maka emisi CO<sub>2</sub> akan turun secara drastis. Semakin tinggi kadar CO<sub>2</sub> maka semakin baik emisi gas buang yang dihasilkan.

Emisi gas buang CO pada diagram grafik ke enam menunjukkan gas CO tertinggi saat putaran mesin 2400 rpm disebabkan pencampuran bahan bakar dan udara terlalu kurus. Emisi gas buang CO terendah terjadi saat putaran mesin 800 rpm dengan menggunakan *air cyclone* 30<sup>0</sup>.

Gas CO dihasilkan oleh proses pembakaran yang tidak sempurna karena kekurangan oksigen (campuran terlalu gemuk). Dengan penambahan *air cyclone* pada *intake manifold* pembakaran yang terjadi dapat lebih sempurna karena percampuran bahan bakar dan udara lebih homogen.

Emisi gas buang hidro karbon (HC) pada diagram grafik ke tujuh menunjukkan pada putaran 800 rpm hidro karbon (HC) yang terbentuk tinggi disebabkan pembakaran yang terjadi tidak sempurna karena kekurangan oksigen. Emisi gas HC yang paling rendah terjadi saat putaran mesin 2400 rpm dengan penambahan air cyclone 30°. Ini disebabkan pengaruh penambahan air cyclone dengan kemiringan sudut sudu 30° yang dapat merubah aliran laminar menjadi turbulen sehingga percampuran bahan bakar dan udara lebih homogen sehingga pembakaran yang terjadi menjadi lebih sempurna.

## 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 *air cyclone* dengan sudut kemiringan sudu  $10^0$ ,  $20^0$ ,  $30^0$  terhadap emisi gas buang mesin turbo 4E-FTE. Semakin besar sudut kemiringan sudu *air cyclone*, maka emisi gas buang mesin akan semakin baik pula. Hal ini ditunjukkan dengan kadar karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) yang semakin meningkat dengan pengaplikasian *air cyclone*  $30^0$ , karbon monoksida (CO) dan Hidro karbon (HC) yang semakin rendah dengan dengan pengaplikasian *air cyclone*  $30^0$ .

#### B. SARAN

Dapat dimaklumi jika hasil pengujian emisi gas buang menggunakan Horiba *Automotive Analyzer* seri mexa-554J ini tidak sebagus data yang dihasilkan oleh alat uji emisi yang lebih lengkap pengukurannya. Beberapa hal yang perlu diadakan penelitian lebih lanjut telah sedikit disinggung di dalam bab sebelumnya. Beberapa saran yang bisa dipertimbangkan agar penelitian ini lebih sempurna antara lain:

1. Perlu dilakukan pengujian dengan menggunakan mesin yang masih baru, sehingga dapat diketahui emisi gas buang mesin yang belum mengalami penurunan performa.

2. Perlu dilakukan penyempurnaan pada kipas pendingin radiator supaya saat pengujian suhu mesin tidak cepat panas.
3. Perlu dilakukan penyempurnaan pada *turbocharger* agar hasil pengukuran emisi gas buang lebih valid.
4. Perlu diadakan kajian lebih lanjut dengan menggunakan *injector* standart mesin 4E-FTE supaya didapat hasil pengukuran yang lebih valid.
5. Perlu diadakan kajian lebih lanjut tentang pengaplikasian *air cyclone* terhadap emisi gas buang mesin turbo 4E-FTE karena alat uji emisi gas buang yang digunakan pada penelitian ini kurang lengkap sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut menggunakan alat uji emisi gas buang yang lebih lengkap pengukurannya.

## DAFTAR PUSTAKA

- A.J. Martyr. 1995. *Engine Testing Theory and Practice*. Oxford : Elsevier Ltd
- Arikunto, Suharsimi. 1998. *Prosedur Penelitian*. Jakarta: Bineka Cipta.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor:141. 2003. Tentang ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor tipe baru dan kendaraan bermotor yang sedang diproduksi (*current production*)
- Pulkrabek, Willard W. *Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine*. New Jersey : Prentice Hall.
- Sudjana. 2002. *Desain dan Analisis Eksperimen*. Bandung: Tarsito
- Susanto, Dekky. 2002. Pengaruh Penggunaan *Cyclone* terhadap Peningkatan Performansi Kerja (Unjuk Kerja) Motor Bakar Bensin: Skripsi Universitas Kristen Petra Surabaya
- .....2004. Manual Operasional Emisi Gas Analyzer MEXA-554J
- .....1994. *Training Manual Step 2*. Jakarta: PT. TOYOTA ASTRA MOTOR
- .....1994. *Training Manual Step 1*. Jakarta: PT. TOYOTA ASTRA MOTOR
- <http://digilib.petra.ac.id>
- <http://en.wikipedia.org>  
Diakses 5 November 2010

Lampiran 1



Foto Alat Horiba *Automotive Analyzer* seri mexa-554J

Lampiran 2.



Foto *Engine stand* mesin Starlet GT Turbo EFI 4E-FTE

Lampiran 3



Foto Pengujian emisi gas buang



KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
**FAKULTAS TEKNIK**

Gedung E-1 Kampus Sekaran Gunungpati Telp/Fax (024) 8508101-8058009  
Email : ft\_unnes@yahoo.com Semarang - 50229

No : 46/H37.1.5/PP/2010  
Lamp : -  
Hal : Ijin Penelitian

Kepada  
Yth Kepala DLLAJR  
Kabupaten Blora  
Di Tempat

Dengan hormat,

Bersama ini, kami mohon ijin pelaksanaan penelitian untuk penyusunan skripsi/Tugas Akhir oleh mahasiswa sebagai berikut:

No	Nama	NIM	Prgram Studi
1.	Rudy Handoko	5201406004	Pend. Teknik Mesin S1
2.	Wahyu Prasetyo W	5201406007	Pend. Teknik Mesin S1
3.	Linggar Rifki	5201406008	Pend. Teknik Mesin S1
4.	Arief Rahman	5201406010	Pend. Teknik Mesin S1
5.	Arief Rahman H	5201406011	Pend. Teknik Mesin S1
6.	Sudarsono	5201406019	Pend. Teknik Mesin S1
7.	Hendy Laksono	5201406033	Pend. Teknik Mesin S1
8.	Aan Hendrawan	5201406036	Pend. Teknik Mesin S1
9.	Gostsa Khusnun N	5201406037	Pend. Teknik Mesin S1
10.	Jatmiko	5201406545	Pend. Teknik Mesin S1
11.	Yuzubh Amitozaqi	5201406548	Pend. Teknik Mesin S1
12.	Kurniawan Afrianto	5201406506	Pend. Teknik Mesin S1

Tema : Pengujian Mesin Turbo 4E-FTE Toyota Starlet

Atas perhatian dan kerjasamanya diucapkan terima kasih.

Semarang, 04 Februari 2011

Dekan



Drs. Abdulrahman, M.Pd  
NIP. 196009031985031002

FM-05-AKD-24